

СОГЛАСОВАНО

Директор ООО «Полимастер»



В.И. Храмцов

2022

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель директора –  
руководитель Центра эталонов,  
поверки и калибровки БелГИМ



А.С. Волюнец

2022

Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь

**УСТАНОВКИ РАДИАЦИОННЫЕ ПОВЕРОЧНЫЕ  
НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ УРПН-РМ9200**

Методика поверки

МРБ МП.3359-2022

Разработчик:

Ведущий инженер по метрологии  
ООО «Полимастер»

  
В.Н.Зубарев  
«    »    2022



Минск, 2022

## Содержание

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | Нормативные ссылки .....  | 3  |
| 2 | Операции поверки .....  | 4  |
| 3 | Средства поверки .....  | 5  |
| 4 | Требования к квалификации поверителей .....                             | 6  |
| 5 | Требования безопасности .....   | 6  |
| 6 | Условия поверки .....   | 6  |
| 7 | Подготовка к поверке .....  | 6  |
| 8 | Проведение поверки .....  | 7  |
| 9 | Оформление результатов поверки .....                                    | 17 |
|   | Приложение А (справочное) Обязательные метрологические требования ..... | 18 |
|   | Приложение Б (рекомендуемое) Форма протокола поверки .....              | 19 |
|   | Приложение В (справочное) Рекомендуемые значения коэффициентов .....    | 22 |
|   | Библиография .....  | 23 |



Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на установки радиационные поверочные нейтронного излучения УРПН-РМ9200, УРПН-РМ9201, УРПН-РМ9201Н (далее – установки) и устанавливает методы и средства государственной поверки.

Настоящая МП разработана в соответствии с требованиями [1].

Установки подлежат первичной и последующей государственной поверке в соответствии с [2].

Государственная поверка установок должна осуществляться юридическими лицами, входящими в состав государственной метрологической службы, или иными юридическими лицами, уполномоченными на осуществление государственной поверки.

Обязательные метрологические требования, предъявляемые к установкам, приведены в приложении А.

## 1 Нормативные ссылки

1.1 В настоящей МП использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее – ТНПА):

ТКП 181-2009 (02230) Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей;

ГОСТ 8.031-82. Государственная система обеспечения единства измерений. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений потока и плотности потока нейтронов;

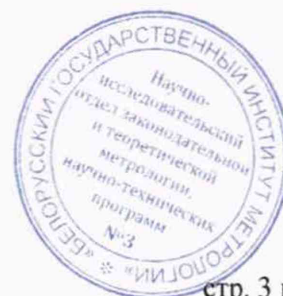
ГОСТ 8.207-76 Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения;

ГОСТ 8.355-79 Радиометры нейтронов. Методы и средства поверки;

ГОСТ 8.521-84. Государственная система обеспечения единства измерений. Установки поверочные нейтронного излучения. Методика поверки.

Примечание – При пользовании настоящей МП целесообразно проверить действие ссылочных документов на официальном сайте Национального фонда ТНПА в глобальной компьютерной сети Интернет.

Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящей МП следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

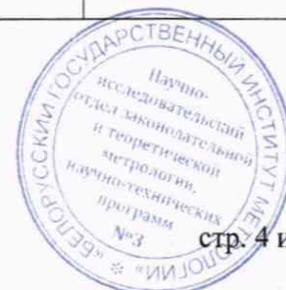


## 2 Операции поверки

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

Таблица 1 – Операции поверки

| Наименование операции   | Номер пункта МП | Проведение операции при           |                                     |
|---|-----------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
|   |                 | первичной государственной поверке | последующей государственной поверке |
| 1 Внешний осмотр  | 8.1             | Да                                | Да                                  |
| 2 Опробование   |                 |                                   |                                     |
| 2.1 Проверка функционирования установки   | 8.2.1           | Да                                | Да                                  |
| 2.2 Подтверждение соответствия программного обеспечения   | 8.2.2           | Да                                | Да                                  |
| 3 Определение метрологических характеристик:  |                 |                                   |                                     |
| 3.1 Определение плотности потока быстрых нейтронов и доверительных границ основной относительной погрешности установок в коллимированном пучке  | 8.3.1           | Да                                | Да                                  |
| 3.1 Определение плотности потока тепловых нейтронов и доверительных границ основной относительной погрешности установок в коллимированном пучке   | 8.3.2           | Да                                | Да                                  |
| 3.3 Определение мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) и мощности индивидуального эквивалента дозы (МИЭД) нейтронного излучения и доверительных границ основной относительной погрешности установок в коллимированном пучке | 8.3.3           | Да                                | Да                                  |
| 3.4 Определение плотности потока нейтронов и доверительных границ основной относительной погрешности установок в «открытой» геометрии   | 8.3.4           | Да                                | Да                                  |
| 3.5 Определение МАЭД и МИЭД нейтронного излучения быстрых нейтронов при измерениях в «открытой» геометрии   | 8.3.5           | Да                                | Да                                  |
| 4 Оформление результатов поверки  | 9               | Да                                | Да                                  |



## Продолжение таблицы 1 – Операции поверки

| Примечания |   |
|------------|---|
| 1          | Если при проведении той или иной операции поверки получают отрицательный результат, дальнейшую поверку прекращают.  |
| 2          | При последующей (периодической) поверке установки в Российской Федерации на основании письменного заявления владельца допускается проведение поверки для меньшего числа величин (поверка в сокращённом объёме) с обязательным указанием в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений сведений об объёме проведённой поверки в соответствии с [3]. |

## 3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

| Номер пункта МП                 | Наименование и тип эталонов и вспомогательных средств поверки, их метрологические и основные технические характеристики  |
|---------------------------------|--|
| 8.3.1 – 8.3.2,<br>8.3.4 – 8.3.5 | Эталон плотности потока нейтронов в ранге не ниже вторичного в соответствии с ГОСТ 8.031; диапазон измерения плотности потока быстрых и тепловых нейтронов от 10 до $10^4 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ ; суммарное среднее квадратическое отклонение (СКО) результата измерений $S_{\Sigma 0}$ от $2 \cdot 10^{-2}$ до $3 \cdot 10^{-2}$   |
| 8.3.3                           | Эталон МАЭД нейтронного излучения в ранге не ниже вторичного в соответствии с [4]; диапазон измерения МАЭД (МИЭД) нейтронного излучения от 10 до $10^{10} \text{ мкЗв} \cdot \text{ч}^{-1}$ ; СКО результата измерений $S_{\Sigma 0}$ от $3 \cdot 10^{-2}$ до $5 \cdot 10^{-2}$  |
| 8.3.1,<br>8.3.3 – 8.3.5         | Всеволновой компаратор-радиометр для измерения плотности потока и дозиметр для измерения МАЭД (МИЭД) нейтронного излучения; диапазон измерений плотности потока нейтронов от 1 до $1 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ ; диапазон измерений МАЭД (МИЭД) нейтронного излучения от 1 до $1 \cdot 10^4 \text{ мкЗв} \cdot \text{ч}^{-1}$ ; СКО результата измерений $S_{\Sigma 0}$ $1 \cdot 10^{-2}$  |
| 8.3.2                           | Компаратор-радиометр для измерения тепловых нейтронов; диапазон измерений плотности потока тепловых нейтронов от 1 до $1 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ ; СКО результата измерений $S_{\Sigma 0}$ не более $1 \cdot 10^{-2}$  |
| 7.1                             | Гигрометр-термометр цифровой типа ГТЦ-1; диапазон измерений температуры от $-30 \text{ }^\circ\text{C}$ до $60 \text{ }^\circ\text{C}$ ; цена деления $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ ; пределы погрешности измерения температуры от $18 \text{ }^\circ\text{C}$ до $22 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , в остальном диапазоне $\pm 0,6 \text{ }^\circ\text{C}$ ; диапазон измерения относительной влажности воздуха от 10 % до 100 %; пределы погрешности измерения относительной влажности воздуха $\pm 3 \text{ } \%$<br>Барометр-анероид типа БАММ-1; измерение атмосферного давления от 80 до 106 кПа; пределы погрешности измерения $\pm 0,2 \text{ кПа}$ |



## Продолжение таблицы 2 – Средства поверки

## Примечания

- 1 Все средства измерений должны иметь действующие клейма и (или) свидетельства о поверке.
- 2 Допускается применять другие средства измерений с метрологическими характеристиками не хуже указанных.

**4 Требования к квалификации поверителей**

4.1 К проведению измерений при поверке и (или) обработке результатов измерений допускаются государственные поверители, подтвердившие соответствие компетентности в выполнении работ в данной области измерений.

**5 Требования безопасности**

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности в соответствии с [5] и [6], а также:

- правила технической эксплуатации электроустановок потребителей по ТКП 181;
- требования инструкций по технике безопасности и по радиационной безопасности, действующие в организации;
- требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации на установку и применяемые средства поверки.

5.2 Требования безопасности к персональному компьютеру (ПК) устанавливаются производителем ПК в технической документации.

5.3 Процесс проведения поверки должен быть отнесен к работе во вредных условиях труда.

**6 Условия поверки**

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающей среды от 15 °С до 25 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха от 30 % до 80 %;
- атмосферное давление от 86 до 106 кПа;
- внешнее фоновое гамма-излучение не более 0,20 мкЗв/ч;
- напряжение питающей сети в диапазоне (230±23) В;
- частота питающей сети в диапазоне (50±1) Гц.

**7 Подготовка к поверке**

7.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- изучить [7] на установку;
- подготовить установку к работе согласно [7];
- подготовить к работе ПК, средства поверки и вспомогательное оборудование в соответствии с их эксплуатационной документацией;
- снять показания СИ для контроля условий поверки, зарегистрировать результаты в протоколе поверки по форме, приведенной в приложении Б.



## 8 Проведение поверки

### 8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

- наличие свидетельств о поверке на эталонные СИ;
- наличие [7] на поверяемую установку;
- наличие и чёткость маркировок;
- соответствие комплектности поверяемой установки требованиям [7] в объёме, необходимом для поверки;
- наличие санитарного паспорта на право работы с источниками ионизирующих излучений, выданного службой Государственного санитарно-эпидемиологического надзора лаборатории, в которой осуществляется поверка установки;
- наличие свидетельств о предыдущей государственной поверке установки (при наличии и необходимости);
- наличие источников излучения с действующими сроками службы;
- отсутствие в поле излучения установки посторонних предметов, которые могут влиять на результаты измерений;
- отсутствие повреждений установки, влияющих на её метрологические характеристики.

8.1.2 Установка должна соответствовать всем требованиям согласно п. 8.1.1.

### 8.2 Опробование

8.2.1 Проверка функционирования установки

При проверке функционирования установки устанавливают:

- исправность установки в соответствии с [7];
- возможность расположения и юстировки детекторов дозиметрических и радиометрических приборов в поле излучения, их фиксации и необходимых перемещений в поле излучения;
- работоспособность установки в соответствии с [7].

8.2.2 Подтверждение соответствия ПО

Подтверждение соответствия ПО установки проводят путём проверки идентификационных данных метрологически значимой части встроенного ПО установки.

Проверка соответствия встроенного ПО, запись которого осуществляется в процессе производства с помощью специального технологического ПО и ввода пароля доступа, проводится проверкой отсутствия сообщений об ошибках при тестировании при включении установки и соответствия версии встроенного ПО и значения контрольной суммы, индицируемых на дисплее пульта управления при входе в режим «Экран: система» с номером версии и значением контрольной суммы, записанных в таблице 3 и в разделе «Особые отметки» [7].



Таблица 3

| Идентификационные данные (признаки)   | Значение      |
|---|---------------|
| Идентификационное наименование ПО   | PM9200-800PR1 |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО   | v 1.X.Y*      |
| Примечание – Для расчета контрольной суммы программного обеспечения (ПО) допускается применять стандартные средства, например, Total Commander, Double Commander.   |               |
| * X, Y – составная часть номера версии ПО (метрологически незначимая изменяемая часть). X может принимать значение в диапазоне от 0 до 99; Y может принимать значение в диапазоне от 0 до 99. Актуальные идентификационные данные ПО, в том числе цифровой идентификатор, приведены в разделе «Особые отметки» [7]. |               |

Результаты проверки считают удовлетворительными, если номер версии и значение контрольной суммы встроенного ПО, индицируемых на дисплее пульта управления, соответствуют указанным в таблице 3 и в разделе «Особые отметки» [7].

### 8.3 Определение метрологических характеристик

#### 8.3.1 Определение плотности потока быстрых нейтронов и доверительных границ основной относительной погрешности установки в коллимированном пучке

Значение плотности потока быстрых нейтронов определяют методом сличения значения плотности потока нейтронного поля установки с конкретным источником, установленным в коллиматор в геометрии быстрых нейтронов, с плотностью потока в поле эталона более высокого разряда в следующей последовательности:

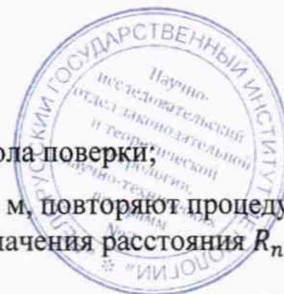
- 1) Проводят подготовку установки в соответствии с [7].
- 2) Блок детектирования радиометра-компаратора размещают на рабочем столе подвижной платформы установки, обеспечивающем совпадение оси симметрии блока детектирования с центральной осью пучка нейтронов и оцифровку координаты расстояний  $R$  относительно центра радионуклидного источника.
- 3) Устанавливают расстояние  $R_1$ , равное максимальному в диапазоне рабочих расстояний установки между геометрическими центрами радионуклидного источника и радиометра-компаратора (начинать измерения следует с максимально удаленной точки в рабочем диапазоне расстояний).
- 4) Измеряют скорость счёта радиометра-компаратора  $N(R_1)$ ,  $c^{-1}$ . Последовательно проводят не менее пяти измерений скорости счёта. Время экспозиции выбирают таким образом, чтобы суммарное число отсчётов было не менее  $5 \cdot 10^5$  имп. Значение  $N(R_1)$  записывают в таблицу Б.2 протокола поверки, форма которого приведена в приложении Б.
- 5) Рассчитывают среднее арифметическое результатов измерений скорости счёта  $\bar{N}$ ,  $c^{-1}$ , в точке на расстоянии  $R_i$  от геометрического центра источника по формуле

$$\bar{N} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n N_i, \quad (1)$$

где  $N_i$  – результат  $i$ -го измерения,  $c^{-1}$ ;  
 $n$  – число измерений.

Полученный результат заносят в таблицу Б.2 протокола поверки.

- 6) Последовательно, уменьшая значение  $R$  на 0,1 м, повторяют процедуру измерений согласно 8.3.1 перечисления 4) – 5), до достижения значения расстояния  $R_n = 0,5$  м.





7) Для каждого значения  $R_i$  вычисляют значения скорости счёта  $N^*(R_i)$ ,  $c^{-1}$ , по формуле

$$N^*(R_i) = \frac{\bar{N}}{1 - \bar{N} \cdot \tau} \cdot e^{\mu \cdot R_i}, \quad (2)$$

где  $\mu$  – коэффициент рассеяния нейтронов воздухом,  $m^{-1}$ , (приложение В);  
 $\tau$  – «мёртвое» время радиометра-компаратора, с.

По полученным значениям  $N^*(R_i)$  вычисляют величину  $\frac{1}{\sqrt{N^*(R_i)}}$  и полученные результаты заносят в таблицу Б.2 протокола поверки.

8) Строят график зависимости  $f(R_i) = \frac{1}{\sqrt{N^*(R_i)}}$ , и по начальному линейному участку проводят прямую линию до пересечения с осью абсцисс. Методом наименьших квадратов определяют параметры прямой линии  $\frac{1}{\sqrt{N^*(R_i)}} = a \cdot R_i + b$  и вычисляют значение  $\Delta R_1 = -\frac{b}{a}$ .

Для каждого значения  $R_i$  вычисляют значение  $\frac{1}{(R_i - \Delta R_1)^2}$  и полученные результаты заносят в таблицу Б.2 протокола поверки.

9) Строят график зависимости  $N^*(R_i) = f(R_i - \Delta R_1)^2$ , по начальному линейному участку графика проводят прямую линию до пересечения с осью ординат и методом наименьших квадратов определяют параметры прямой  $N^*(R_i) = a \cdot (R_i - \Delta R_1)^2 + b$ .

В данном случае физический смысл полученной константы  $b$  – вклад обратно рассеянного нейтронного излучения в суммарную скорость счёта ( $b = N_{p1}$ ).

10) Для каждого значения  $R_i$  вычисляют значение характеристической константы системы «источник-детектор»  $A(R_i)$ ,  $c^{-1} \cdot m^2$ , по формуле

$$A(R_i) = (N^*(R_i) - N_{p1}) \cdot (R_i - \Delta R)^2. \quad (3)$$

В случае, если  $A(R_i) = const(R)$  в пределах  $\pm 1$  %, вычисляют среднее значение характеристической константы  $\bar{A}_1$ ,  $c^{-1} \cdot m^2$ , в первом приближении по формуле

$$\bar{A}_1 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n A(R_i). \quad (4)$$

В случае, если  $A(R_i) \neq const(R)$  в пределах  $\pm 1$  %, строят график зависимости  $f(R_i) = \frac{1}{\sqrt{N^*(R_i) - N_{p1}}}$  и в соответствии с 8.3.1 перечисления 8) – 10) определяют значения  $\Delta R_2$ ,  $N_{p2}$  и  $\bar{A}_2$ .

11) Вычисляют относительное среднее квадратическое отклонение (относительное СКО)  $S$ , %, среднего арифметического результата измерений по формуле

$$S = \frac{1}{\bar{A}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{A} - A(R_i))^2}{n \cdot (n - 1)}} \cdot 100. \quad (5)$$

12) Вычисляют значение плотности потока быстрых нейтронов в поле установки на расстоянии 1 м от центра источника  $\varphi_p(1м)$ ,  $c^{-1} \cdot cm^{-2}$ , по формуле

$$\varphi_p(1м) = \varphi_3(1м) \cdot \frac{A_p}{A_3} \cdot \frac{(R_{1м} - \Delta R_p)^2}{(R_{1м} - \Delta R_3)^2}, \quad (6)$$

где  $\varphi_3(1\text{м})$ ,  $A_3$  и  $\Delta R_3$  – значения относятся к эталону более высокого разряда, по которому проводится государственная поверка установки;

$\varphi_p(1\text{м})$ ,  $A_p$  и  $\Delta R_p$  – значения, полученные для поверяемой установки;

$R_{1\text{м}}$  – расстояние от геометрического центра источника до опорной точки, равное один метр.

13) Рассчитывают значения плотности потока нейтронов в прямом пучке (без учёта рассеянного излучения) на расстоянии  $R_i$  в диапазоне расстояний от 0,5 до максимального в рабочем диапазоне расстояний для поверяемой установки  $\varphi_p(R_i)$ ,  $\text{с}^{-1}\cdot\text{см}^{-2}$ , по формуле

$$\varphi_p(R_i) = \varphi_p(1\text{м}) \cdot \frac{(R_{1\text{м}} - \Delta R_p)^2}{(R_i - \Delta R_p)^2} \cdot e^{-\mu(R_i - R_{1\text{м}})}. \quad (7)$$

14) Результаты измерений плотности потока нейтронов  $\varphi_p(R_i)$  принимают за действительные значения плотности потока нейтронов в поле установки в прямом пучке.

Результаты измерений заносят в таблицу Б.2 протокола поверки.

15) Выполняют последовательность операций 8.3.1 перечисления 3) – 11) для всех типов радиометров, проходящих поверку в поле поверяемой установки.

16) Для каждого типа радиометра вычисляют значение коэффициента, учитывающего вклад рассеянного нейтронного излучения в показания радиометра при измерении быстрых нейтронов (определяется при поверке эталонных установок)  $B(R_i)$ , отн. ед., для каждого значения  $R_i$  по формуле

$$B(R_i) = \frac{N(R_i) - N_p}{N(R_i)}. \quad (8)$$

Полученные результаты заносят в таблицу Б.3 протокола поверки.

17) Доверительные границы основной относительной погрешности  $\delta_0$ , %, плотности потока быстрых нейтронов в поле установки для доверительной вероятности  $P = 0,95$  определяют в соответствии с ГОСТ 8.207 по формуле

$$\delta_0 = K \cdot S_\Sigma, \quad (9)$$

где  $S_\Sigma$  – оценка суммарного СКО результата измерения, %;

$K$  – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключённой систематической погрешностей, отн. ед., рассчитываемый по формуле

$$K = \frac{t \cdot S + 1,1 \cdot \sqrt{\delta^2 + 3 \cdot S_R^2 + \vartheta^2}}{S + \sqrt{S_\delta^2 + S_R^2 + S_\vartheta^2}}, \quad (10)$$

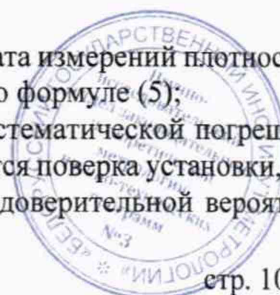
где  $t$  – коэффициент распределения Стьюдента, соответствующий доверительной вероятности  $P = 0,95$  и числу степеней свободы  $(n-1)$  (числу результатов измерений  $n$ ).

18) Суммарное СКО результатов измерений  $S_\Sigma$ , %, вычисляют по формуле

$$S_\Sigma = \sqrt{S^2 + S_\delta^2 + S_\vartheta^2 + S_R^2}, \quad (11)$$

где  $S$  – относительное СКО среднего арифметического результата измерений плотности потока для быстрых нейтронов в опорной точке, определяемой по формуле (5);

$S_\delta$  – СКО, характеризующее значение неисключённой систематической погрешности эталона более высокого разряда, с помощью которого проводится поверка установки, с учётом распределения величины по нормальному закону и для доверительной вероятности  $P = 0,95$  рассчитывается по формуле, %



$$S_{\delta} = \frac{\delta}{2}, \quad (12)$$

где  $\delta$  – значение погрешности эталонного радиометра-компаратора, %, (должно быть приведено в свидетельстве о поверке на эталон);

$S_R$  – СКО, характеризующее значение неисключённой систематической погрешности определения расстояния от геометрического центра источника до центра детектора ( $S_R = \frac{0,15}{\sqrt{3}} = 0,087$ ) согласно [7], %;

$S_{\vartheta}$  – СКО, характеризующее значение неисключённой систематической погрешности определения долговременной нестабильности радиометра-компаратора, рассчитанное по формуле

$$S_{\vartheta} = \frac{\vartheta}{\sqrt{3}}, \quad (13)$$

где  $\vartheta$  – максимальное значение невоспроизводимости показаний радиометра компаратора, %.

Результаты поверки считают положительными, если доверительные границы основной относительной погрешности поверяемой установки при доверительной вероятности  $P = 0,95$  находятся в пределах значений для рабочих эталонов 1 и 2 разряда по ГОСТ 8.031 и соответствуют значениям, указанным в таблице А.1 приложения А.

### 8.3.2 Определение плотности потока тепловых нейтронов и доверительных границ основной относительной погрешности установки в коллимированном пучке

Значение плотности потока тепловых нейтронов определяют методом сличения значения плотности потока нейтронного поля поверяемой установки с конкретным источником, установленным в установленном в коллиматор в геометрии тепловых нейтронов, с плотностью потока в поле эталона более высокого разряда в следующей последовательности:

1) Блок детектирования радиометра-компаратора размещают на рабочем столе подвижной платформы установки, обеспечивающем совпадение оси симметрии блока детектирования с центральной осью пучка нейтронов и оцифровку координаты расстояний  $R$  относительно геометрического центра радионуклидного источника.

2) Устанавливают расстояние  $R_1$  равное максимальному в диапазоне рабочих расстояний установки между геометрическими центрами радионуклидного источника и радиометра-компаратора (начинать измерения следует с максимально удалённой точки в рабочем диапазоне расстояний).

3) Измеряют скорость счёта  $N_{1(I)i}$ ,  $\text{с}^{-1}$ . Последовательно проводят не менее пяти измерений скорости счёта. Время экспозиции выбирают таким образом, чтобы суммарное число отсчётов было не менее  $5 \cdot 10^5$  импульсов. Полученные значения  $N_{1(I)i}$ ,  $\text{с}^{-1}$ , заносят в таблицу Б.4 протокола поверки.

4) Закрывают кадмиевым экраном толщиной 1 мм источник тепловых нейтронов и в соответствии с 8.3.2 перечисление 3), получают значения скорости счёта  $N_{1(II)i}$ ,  $\text{с}^{-1}$ . Полученные значения  $N_{1(II)i}$ ,  $\text{с}^{-1}$ , заносят в таблицу Б.4 протокола поверки.

5) Закрывают кадмиевым экраном толщиной 1 мм детектор и в соответствии с 8.3.2 перечисление 3) получают значение скорости счёта  $N_{1(IV)i}$ ,  $\text{с}^{-1}$ . Полученные значения  $N_{1(IV)i}$ ,  $\text{с}^{-1}$ , заносят в таблицу Б.4 протокола поверки.



6) Снимают кадмиевый экран с источника и в соответствии с 8.3.2 перечисление 3) получают значение скорости счёта  $N_{1(III)i}$ ,  $c^{-1}$ . Полученные значения  $N_{1(III)i}$ ,  $c^{-1}$ , заносят в таблицу Б.4 протокола поверки.

7) Уменьшают расстояние на 0,1 м и повторяют операции в соответствии с 8.3.2 перечисления 3) - 6) до достижения значения расстояния  $R_n = 0,5$  м.

8) Рассчитывают средние арифметические результатов измерений скоростей счёта в условиях измерений соответствующих геометрий  $\bar{N}_{1(I)}$ ,  $\bar{N}_{1(II)}$ ,  $\bar{N}_{1(III)}$ ,  $\bar{N}_{1(IV)}$ ,  $c^{-1}$ , в точке на расстоянии  $R_1$  от геометрического центра источника по формуле (1). Полученные значения заносят в таблицу Б.4 протокола поверки.

9) Для каждого полученного среднего арифметического результата измерения скорости счёта  $\bar{N}_{1(I)}$ ,  $\bar{N}_{1(II)}$ ,  $\bar{N}_{1(III)}$ ,  $\bar{N}_{1(IV)}$  рассчитывают приведенные (с поправкой на мёртвое время счётчика) значения  $\bar{N}_{1(I)}^*$ ,  $\bar{N}_{1(II)}^*$ ,  $\bar{N}_{1(III)}^*$ ,  $\bar{N}_{1(IV)}^*$ ,  $c^{-1}$ , по формуле

$$\bar{N}_{1(I-IV)}^* = \frac{\bar{N}_{1(I-IV)}}{1 - \bar{N}_{1(I-IV)} \cdot \tau} \quad (14)$$

Полученные значения заносят в таблицу Б.4 протокола поверки.

10) Для каждого значения  $R_i$  повторяют вычисления согласно 8.3.2 перечисления 8) - 9) и полученные результаты заносят в таблицу Б.4 протокола поверки.

11) Для каждого значения  $R_i$  рассчитывают значение скорости счёта, обусловленной тепловыми нейтронами,  $N_T(R_i)$ ,  $c^{-1}$ , по формуле

$$N_T(R_i) = \bar{N}_{1(I)}^*(R_i) - \frac{\bar{N}_{1(II)}^*(R_i) \cdot \bar{N}_{1(III)}^*(R_i)}{\bar{N}_{1(IV)}^*(R_i)} \quad (15)$$

Полученные значения заносят в таблицу Б.4 протокола поверки.

12) Для каждого значения  $R_i$  рассчитывают значение скорости счёта для тепловых нейтронов с поправкой на рассеяние нейтронного излучения в воздухе  $N_T^*(R_i)$ ,  $c^{-1}$ , по формуле

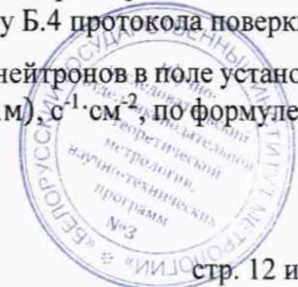
$$N_T^*(R_i) = N_T(R_i) \cdot e^{\mu \cdot R_i} \quad (16)$$

Полученные значения заносят в таблицу Б.4 протокола поверки.

13) Согласно 8.3.1 перечисления 8) - 10) строят графики зависимости  $f(R_i) = \frac{1}{\sqrt{N_T^*(R_i)}}$  и  $N_T^*(R_i) = f(R_i - \Delta R_1)^2$ , определяют параметры прямой  $N_T^*(R_i) = a \cdot (R_i - \Delta R_1)^2 + b$  и для каждого значения  $R_i$  вычисляют значение характеристической константы системы «источник-детектор» в условиях пучка тепловых нейтронов  $A_T(R_i)$ ,  $c^{-1} \cdot m^2$ , по формуле (3).

Затем определяют среднее значение характеристической константы системы «источник-детектор»  $\bar{A}_T$ ,  $c^{-1} \cdot m^2$ , по формуле (4), значение вклада обратно рассеянного нейтронного излучения в суммарную скорость счёта для тепловых нейтронов  $N_{pT}$ ,  $c^{-1}$  и вычисляют относительное СКО среднего арифметического результата измерения характеристической константы по формуле (5) и полученные значения заносят в таблицу Б.4 протокола поверки.

14) Вычисляют значение плотности потока тепловых нейтронов в поле установки на расстоянии 1,0 м от геометрического центра источника  $\varphi_{pT}(1м)$ ,  $c^{-1} \cdot cm^{-2}$ , по формуле (6).



15) Рассчитывают значения плотности потока тепловых нейтронов в поле установки в диапазоне расстояний от 0,5 до максимального в рабочем диапазоне расстояний для поверяемой установки  $\varphi_{pT}(R_i)$ ,  $\text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ , по формуле (7).

Результаты измерений плотности потока тепловых нейтронов  $\varphi_{pT}(R_i)$  принимают за действительные значения плотности потока нейтронов в поле установки и заносят в таблицу Б.4 протокола поверки.

16) Выполняют последовательность операций согласно 8.3.2 перечисления 3) - 13) для всех типов радиометров, проходящих поверку в поле поверяемой установки.

17) Для каждого типа радиометра вычисляют значение коэффициента, учитывающего вклад рассеянного нейтронного излучения в показания радиометра при измерении тепловых нейтронов (определяется при поверке эталонных установок)  $B(R_i)$ , отн. ед., для каждого значения  $R_i$  по формуле (8).

Полученные результаты заносят в таблицу Б.4 протокола поверки.

18) Доверительные границы основной относительной погрешности плотности потока тепловых нейтронов  $\delta_0$ , %, с доверительной вероятностью  $P=0,95$  определяют в соответствии с 8.3.1 перечисления 17) – 18).

Результаты поверки считают положительными, если доверительные границы основной относительной погрешности поверяемых установок при доверительной вероятности 0,95 находятся в пределах значений для рабочих эталонов 1 и 2 разряда по ГОСТ 8.031 и соответствуют значениям, указанным в таблице А.1 приложения А.

### 8.3.3 Определение МАЭД и МИЭД нейтронного излучения и доверительных границ основной относительной погрешности установки в коллимированном пучке

Значение МАЭД и МИЭД нейтронного излучения определяют методом сличения значений МАЭД или МИЭД в поле поверяемой установки с конкретным источником, установленным в коллиматор, с МАЭД или МИЭД в поле эталона более высокого разряда в соответствии с [4] в следующей последовательности:

1) Проводят измерения в соответствии с 8.3.1 перечисления 2) - 11).

2) Вычисляют значение МАЭД  $\dot{H}_p^*(10)_{1м}$ , мкЗв/ч, в поле установки на расстоянии 1,0 м от геометрического центра источника по формуле

$$\dot{H}_p^*(10)_{1м} = \dot{H}_3^*(10)_{1м} \cdot \frac{A_p}{A_3} \cdot \frac{(R_{1м} - \Delta R_p)^2}{(R_{1м} - \Delta R_3)^2}, \quad (17)$$

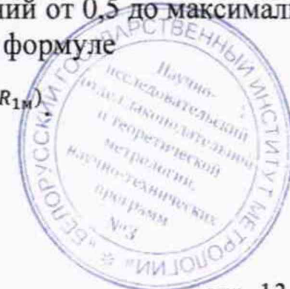
где  $\dot{H}_3^*(10)_{1м}$ ,  $A_3$  и  $\Delta R_3$  – значения относятся к эталону более высокого ранга, по которому проводится государственная поверка установки;

$\dot{H}_p^*(10)_{1м}$ ,  $A_p$  и  $\Delta R_p$  – значения, полученные для поверяемой установки;

$R_{1м}$  – расстояние от геометрического центра источника до опорной точки, равное один метр.

3) Рассчитывают значения МАЭД  $\dot{H}^*(10)_{R_i}$ , мкЗв/ч, в прямом пучке (без учёта рассеянного излучения) на расстоянии  $R_i$  в диапазоне расстояний от 0,5 до максимального в рабочем диапазоне расстояний для поверяемой установки по формуле

$$\dot{H}^*(10)_{R_i} = \dot{H}^*(10)_{1м} \cdot \frac{(R_{1м} - \Delta R_p)^2}{(R_i - \Delta R_p)^2} \cdot e^{-\mu(R_i - R_{1м})}, \quad (18)$$



4) Результаты измерений МАЭД нейтронного излучения  $\dot{H}^*(10)_{R_i}$  принимают за действительные значения МАЭД в поле установки и заносят в таблицу Б.6 протокола поверки.

5) Вычисляют значение МИЭД  $\dot{H}_P(10)_{1м}$ , мкЗв/ч, в поле установки на расстоянии 1,0 м от геометрического центра источника по формуле

$$\dot{H}_{Pp}(10)_{1м} = \dot{H}_{Pз}(10)_{1м} \cdot \frac{A_p}{A_з} \cdot \frac{(R_{1м} - \Delta R_p)^2}{(R_{1м} - \Delta R_з)^2}, \quad (19)$$

где  $\dot{H}_{Pз}(10)_{1м}$ ,  $A_з$  и  $\Delta R_з$  – значения относятся к эталону более высокого ранга, по которому проводится государственная поверка установки;

$\dot{H}_{Pp}(10)_{1м}$ ,  $A_p$  и  $\Delta R_p$  – значения, полученные для поверяемой установки;

$R_{1м}$  – расстояние от геометрического центра источника до опорной точки, равное один метр.

6) Рассчитывают значения МИЭД  $\dot{H}_P(10)_{R_i}$ , мкЗв/ч, в прямом пучке (без учёта рассеянного излучения) на расстоянии  $R_i$  в диапазоне расстояний от 0,5 до максимального в рабочем диапазоне расстояний для поверяемой установки по формуле

$$\dot{H}_P(10)_{R_i} = \dot{H}_P(10)_{1м} \cdot \frac{(R_{1м} - \Delta R_p)^2}{(R_i - \Delta R_p)^2} \cdot e^{-\mu(R_i - R_{1м})}. \quad (20)$$

7) Результаты измерений МИЭД нейтронного излучения  $\dot{H}_P(10)_{R_i}$  принимают за действительные значения МИЭД в поле установки и заносят в таблицу Б.6 протокола поверки.

8) Доверительные границы основной относительной погрешности измерения МАЭД или МИЭД в поле установки  $\delta_0$ , %, с доверительной вероятностью  $P = 0,95$  определяют в соответствии с 8.3.1 перечисления 17) – 18).

Результаты проверки считают положительными, если доверительные границы основной относительной погрешности поверяемых установок при доверительной вероятности 0,95 соответствуют предъявляемым к ним требованиям, приведенным в таблице А.1 приложения А.

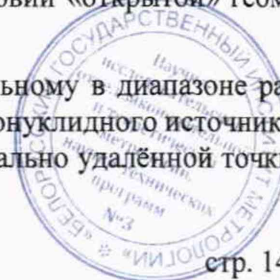
#### 8.3.4 Определение плотности потока нейтронов и доверительных границ основной относительной погрешности установки в «открытой» геометрии

Значение плотности потока нейтронов в «открытой» геометрии (в широком пучке) определяют методом сличения значения плотности потока нейтронного поля от конкретного источника, установленного в «открытой» геометрии, с плотностью потока в поле эталона более высокого разряда. Вклад рассеянного излучения определяют методом теневого конуса. Операции проводят в следующей последовательности:

1) Блок детектирования радиометра-компаратора размещают на рабочем столе подвижной платформы, обеспечивающем совпадение оси симметрии блока детектирования с осью пучка нейтронов и оцифровку координаты расстояний  $R$  относительно геометрического центра радионуклидного источника, размещённого в «открытой» геометрии.

2) Устанавливают оборудование для создания условий «открытой» геометрии на основании калибровочного стенда в соответствии с [7].

3) Устанавливают расстояние  $R_1$  равное максимальному в диапазоне рабочих расстояний установки между геометрическими центрами радионуклидного источника и радиометра-компаратора (начинать измерения следует с максимально удалённой точки в рабочем диапазоне расстояний).



4) Устанавливают в положение экспозиции радионуклидный источник быстрых нейтронов в условиях «открытой» геометрии.

5) Измеряют скорость счёта  $N(R_1)$ ,  $c^{-1}$ . Время экспозиции выбирают таким, чтобы суммарное число отсчётов было не менее  $5 \cdot 10^5$  имп. Проводят не менее пяти измерений скорости счёта.

6) Вычисляют среднее арифметическое результатов измерений по формуле (1) и полученные результаты заносят в таблицу Б.5 протокола поверки.

7) Уменьшая расстояние  $R_i$  на 0,1 м, повторяют операции согласно 8.3.4 перечисления 5) – 6) до достижения значения  $R_n = 0,5$  м.

8) Для каждого значения  $R_i$  рассчитывают значение скорости счёта с поправкой на «мёртвое» время счётчика  $N^*(R_i)$ ,  $c^{-1}$ , по формуле

$$N^*(R_i) = \frac{\bar{N}(R_i)}{1 - \bar{N}(R_i) \cdot \tau} \quad (21)$$

Результаты заносят в таблицу Б.5 протокола поверки.

9) Устанавливают экранирующий конус. Повторяют операции согласно 8.3.4 перечисления 5) - 8).

10) Результат измерения скорости счёта на расстояниях  $R_i$  в «открытой» геометрии  $N_0(R_i)$ ,  $c^{-1}$ , определяют как разность средних значений скоростей счёта, полученных при измерениях без экранирующего конуса  $N^*(R_i)$  и значений скоростей счёта, полученных при измерениях с экранирующим конусом  $N_K^*(R_i)$ ,  $c^{-1}$ , по формуле

$$N_0(R_i) = N^*(R_i) - N_K^*(R_i). \quad (22)$$

11) Для каждого расстояния  $R_i$  вычисляют относительное СКО результата измерений скорости счёта в «открытой» геометрии  $S(N_0(R_i))$ , %, по формуле

$$S(N_0(R_i)) = \frac{1}{N_0(R_i)} \cdot \sqrt{S^2(N^*(R_i)) + S^2(N_K^*(R_i))} \cdot 100, \quad (23)$$

где  $S(N^*(R_i))$  и  $S(N_K^*(R_i))$  – абсолютные СКО результатов измерений скоростей счёта, измеренных без экранирующего конуса и с экранирующим конусом, соответственно,  $c^{-1}$ , определённые по формулам

$$S(N^*(R_i)) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (N(R_i) - N^*(R_i))^2}{n \cdot (n - 1)}}, \quad (24)$$

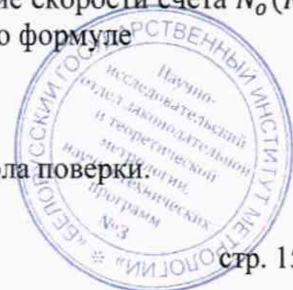
$$S(N_K^*(R_i)) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (N_K(R_i) - N_K^*(R_i))^2}{n \cdot (n - 1)}}, \quad (25)$$

где  $N(R_i)$  и  $N_K(R_i)$  – значения скоростей счёта в каждой из серий для расстояний  $R_i$ , полученных при измерениях без экранирующего конуса и с экранирующим конусом соответственно, рассчитанных с поправкой на «мёртвое» время по формуле (21).

12) Для каждого значения  $R_i$  рассчитывают значение скорости счёта  $N_0^*(R_i)$ ,  $c^{-1}$ , с поправкой на рассеяние нейтронного излучения в воздухе по формуле

$$N_0^*(R_i) = N_0(R_i) \cdot e^{\mu \cdot R_i}. \quad (26)$$

Полученные результаты заносят в таблицу Б.5 протокола поверки



13) Для каждого значения  $R_i$  вычисляют значение характеристической константы системы «источник-детектор»  $A(R_i)$ ,  $\text{с}^{-1} \cdot \text{м}^2$ , по формуле

$$A(R_i) = N_o^*(R_i) \cdot R_i^2. \quad (27)$$

14) Для интервала рабочих расстояний  $R$ , в случае соблюдения равенства  $A = \text{const}(R)$  в пределах  $\pm 1\%$ , вычисляют значение характеристической константы  $\bar{A}$ ,  $\text{с}^{-1} \cdot \text{м}^2$ , по формуле (4). Полученные результаты заносят в таблицу Б.5 протокола поверки.

15) Вычисляют относительное СКО результата измерений по формуле (5).

16) Вычисляют значение характеристической константы  $A^*$ ,  $\text{с}^{-1}$ , с учётом чувствительности радиометра-компаратора по формуле

$$A^* = \frac{\bar{A}}{K_3}, \quad (28)$$

где  $K_3$  — коэффициент чувствительности, приводящий к единицам плотности потока нейтронов,  $\text{м}^2$ ;

17) значение плотности потока нейтронов в «открытой» геометрии на расстоянии от геометрического центра источника нейтронов  $R_i$ , м, в направлении, перпендикулярном оси источника,  $\varphi(R_i)$ ,  $\text{с}^{-1} \cdot \text{см}^2$ , рассчитывают по формуле

$$\varphi(R_i) = \frac{A^*}{R_i^2 \cdot 10^4}. \quad (29)$$

18) Результаты измерений плотности потока нейтронов  $\varphi(R_i)$  принимают за действительные значения плотности потока нейтронов в поле установки и заносят в таблицу Б.6 протокола поверки.

19) Доверительные границы основной относительной погрешности  $\delta_0$ , %, плотности потока нейтронов в «открытой» геометрии определяют в соответствии с 8.3.1 перечисления 17) – 18).

Результаты поверки считают положительными, если доверительные границы основной относительной погрешности установок при доверительной вероятности 0,95 находятся в пределах значений для рабочих эталонов 1 и 2 разряда по ГОСТ 8.031 и соответствуют значениям, указанным в таблице А.1 приложения А.

### 8.3.5 Определение МАЭД и МИЭД нейтронного излучения быстрых нейтронов при измерениях в «открытой» геометрии

Значение МАЭД и МИЭД нейтронного излучения быстрых нейтронов при измерениях в «открытой» геометрии (в широком пучке) определяют методом математического пересчёта значения плотности потока нейтронного поля от конкретного источника, установленного в «открытой» геометрии, с плотностью потока в поле эталона более высокого разряда в соответствии с [8]. Вклад рассеянного излучения определяют методом теневого конуса.

1) Значения МАЭД нейтронного излучения  $\dot{H}^*(10)$ , мкЗв/ч, рассчитывают по формуле

$$\dot{H}^*(10) = \varphi \cdot k_{H^*(10)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}, \quad (30)$$

где  $\varphi$  — плотность потока нейтронного излучения, определённая в соответствии с 8.3.4,  $\text{с}^{-1} \cdot \text{см}^2$ ;





$k_{H^*(10)}$  – коэффициент перехода от флюенса к AMBIENTному эквиваленту дозы (от плотности потока нейтронов к МАЭД), пЗв·см<sup>2</sup>, (значения коэффициентов для радионуклидных источников нейтронов приведены в справочном приложении В).

2) значения МИЭД нейтронного излучения  $\dot{H}_p(10)$ , мкЗв/ч, рассчитывают по формуле

$$\dot{H}_p(10) = \varphi \cdot k_{H_p(10)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}, \quad (31)$$

где  $\varphi$  – плотность потока нейтронного излучения, определённая в соответствии с 8.3.4, с<sup>-1</sup>·см<sup>-2</sup>;

$k_{H_p(10)}$  – коэффициент перехода от флюенса к индивидуальному эквиваленту дозы (от плотности потока нейтронов к МИЭД), пЗв·см<sup>2</sup>, (значения коэффициентов для радионуклидных источников нейтронов приведены в справочном приложении В).

Полученные результаты определения МАЭД и МИЭД для быстрых нейтронов в условиях «открытой» геометрии заносят в таблицу Б.6 протокола поверки.

## 9 Оформление результатов поверки

9.1 Результаты поверки заносят в протокол поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении Б.

9.2 При положительных результатах поверки установки:

- в [7] (раздел «Свидетельство о приёмке») ставится подпись государственного поверителя, наносится оттиск поверительного клейма с указанием даты проведения первичной поверки. Клеймо-наклейка наносится на переднюю стенку станции управления установкой (при первичной поверке);

- выдаётся свидетельство о поверке установленной формы (в соответствии с [2]) и в [7] (раздел «Особые отметки») ставится подпись государственного поверителя, наносится оттиск поверительного клейма с указанием даты проведения поверки. Клеймо-наклейка наносится на переднюю стенку станции управления установкой (при последующей поверке).

9.3 При отрицательных результатах первичной поверки установки выдаётся заключение о непригодности по форме, установленной [2].

9.4 При отрицательных результатах последующей поверки установки выдают заключение о непригодности по форме, установленной [2], ранее нанесённый знак поверки подлежит уничтожению путём приведения его в состояние, непригодное для дальнейшего применения, предыдущее свидетельство прекращает своё действие.



## Приложение А

(справочное)

## Обязательные метрологические требования

Таблица А.1

| Наименование   | Номинальные значения границ воспроизведения дозиметрических и радиометрических величин, обеспечиваемых установками |                            |                            |
|--|--|----------------------------|----------------------------|
|  | УРПН-РМ9201Н   | УРПН-РМ9201                | УРПН-РМ9200                |
| Плотность потока быстрых нейтронов, $\text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$   | от 1 до 540  | от 1 до $2,7 \cdot 10^4$   | от 1 до $2,7 \cdot 10^4$   |
| Плотность потока тепловых нейтронов, $\text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$  | от 0,2 до 120  | от 0,2 до $5,8 \cdot 10^3$ | от 0,2 до $5,8 \cdot 10^3$ |
| МАЭД, мкЗв/ч   | от 1,4 до 800  | от 1,4 до $4 \cdot 10^4$   | от 1,4 до $4 \cdot 10^4$   |
| МИЭД, мкЗв/ч   | от 1,4 до 800  | от 1,4 до $4 \cdot 10^4$   | от 1,4 до $4 \cdot 10^4$   |
| Доверительные границы относительных погрешностей установок при доверительной вероятности 0,95:<br>при воспроизведении единиц плотности потока нейтронов;<br>при воспроизведении единиц МАЭД и МИЭД   | от $\pm 4\%$ до $\pm 5\%$<br>от $\pm 5\%$ до $\pm 7\%$   |                            |                            |
| Примечания   |  |                            |                            |
| 1 Номинальные значения границ диапазона дозиметрических и радиометрических величин определены для интервала рабочих расстояний от 0,5 до 3,6 м и источников типа:<br>ИБН-8-3 – ИБН-8-5, НК252М11.16, НК252М11.26, ИБН-25, ИБН-241-7-1 – для модификации УРПН-РМ9201Н;<br>всех источников, указанных в таблице 2 описания типа средства измерений – для модификаций УРПН-РМ9201, УРПН-РМ9200. |  |                            |                            |
| 2 Действительные значения границ диапазонов для применяемых в установках комплектов источников и интервала расстояний определяются при поверке установки.  |  |                            |                            |
| 3 Для открытой геометрии и коллимированного излучения могут быть разные минимальные и максимальные рабочие расстояния (с учётом размера конуса для проведения измерений в «открытой» геометрии).   |  |                            |                            |



**Приложение Б  
(рекомендуемое)  
Форма протокола поверки**

\_\_\_\_\_ наименование организации, проводящей поверку

**ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_**

поверки Установки радиационной поверочной нейтронного излучения  
наименование средства измерений

тип УРПН - PM920 № \_\_\_\_\_

принадлежащей \_\_\_\_\_  
наименование организации

Изготовитель ООО «Полимастер»  
наименование изготовителя

Дата проведения поверки \_\_\_\_\_  
с ... по ...

Поверка проводится по \_\_\_\_\_  
обозначение документа, по которому проводят поверку

Средства поверки

**Таблица Б.1**

| Наименование и тип СИ | Заводской номер |
|-----------------------|-----------------|
|                       |                 |

Условия поверки

- температура окружающего воздуха \_\_\_\_\_ °С;
- относительная влажность воздуха \_\_\_\_\_ %;
- атмосферное давление \_\_\_\_\_ кПа;
- внешний фон гамма-излучения \_\_\_\_\_ мкЗв/ч.

Результаты поверки

Б.1 Внешний осмотр \_\_\_\_\_  
соответствует/не соответствует

Б.2 Опробование \_\_\_\_\_  
соответствует/не соответствует



Б.3 Определение метрологических характеристик

Таблица Б.2 – Результаты измерения плотности потока нейтронов в коллимированном пучке

| $R_i, \text{м}$ | $N_i, \text{с}^{-1}$ | $N^*(R_i), \text{с}^{-1}$ | $\frac{1}{\sqrt{N^*(R_i)}}$ | $\frac{1}{(R_i - \Delta R_1)^2}$ | $\frac{1}{\sqrt{N^*(R_i) - N_{p1}}}$ | $\frac{1}{(R_i - \Delta R_2)^2}$ | $A_i, \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^2$ | $\bar{A}, \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^2$ |
|-----------------|----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---|
| 0,5             |                      |                           |                             |                                  |                                      |                                  |                                       |   |
| ....            |                      |                           |                             |                                  |                                      |                                  |                                       |   |

Таблица Б.3 – Результаты определения вклада рассеянного излучения

| $R_i, \text{м}$ | $\varphi, \text{с}^{-1} \text{см}^2$ | $B(R_i), \text{отн. ед.}$ |                  |                  |                  |
|-----------------|--------------------------------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|
|                 |                                      | (тип радиометра)          | (тип радиометра) | (тип радиометра) | (тип радиометра) |
| 0,5             |                                      |                           |                  |                  |                  |
| ....            |                                      |                           |                  |                  |                  |

Таблица Б.4 – Результаты определения плотности потока тепловых нейтронов

| $R_i, \text{м}$ | $N_I, \text{с}^{-1}$ | $N_{II}, \text{с}^{-1}$ | $N_{III}, \text{с}^{-1}$ | $N_{VI}, \text{с}^{-1}$ | $N_I^*, \text{с}^{-1}$ | $N_{II}^*, \text{с}^{-1}$ | $N_{III}^*, \text{с}^{-1}$ | $N_{VI}^*, \text{с}^{-1}$ | $N_T, \text{с}^{-1}$ | $N_T^*, \text{с}^{-1}$ | $\frac{1}{\sqrt{N_T^*}}$ | $A_T(R_i), \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^2$ |
|-----------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|--|
|                 |                      |                         |                          |                         |                        |                           |                            |                           |                      |                        |                          |  |
| $\bar{A}_T =$   |                      |                         |                          |                         |                        |                           |                            |                           |                      |                        |                          |  |

Таблица Б.5 – Результаты определения плотности потока нейтронов в «открытой» геометрии

| $R_i, \text{м}$ | $N_i, \text{с}^{-1}$ | $N^*(R_i), \text{с}^{-1}$ | $N^*, \text{с}^{-1}$ | $N_K^*(R_i), \text{с}^{-1}$ | $N_o^*(R_i), \text{с}^{-1}$ | $A(R_i), \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^2$ | $\bar{A}, \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^2$ |
|-----------------|----------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|---|
| 0,5             |                      |                           |                      |                             |                             |  |   |
| ....            |                      |                           |                      |                             |                             |  |   |



Таблица Б.6 – Результаты определения метрологических характеристик

| $R_i, \text{м}$ | Источник типа _____ № _____                        |                                     |                                     |  |  |                                     |                                     |
|-----------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                 | Коллимированный пучок                              |                                     |                                     |  | «Открытая» геометрия                               |                                     |                                     |
|                 | $\varphi_{б.}, \text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ | $\dot{H}^*(10)_{б.}, \text{мкЗв/ч}$ | $\dot{H}_p(10)_{б.}, \text{мкЗв/ч}$ | $\varphi_{т.}, \text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ | $\varphi_{б.}, \text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ | $\dot{H}^*(10)_{б.}, \text{мкЗв/ч}$ | $\dot{H}_p(10)_{б.}, \text{мкЗв/ч}$ |
| 0,5             |  |                                     |                                     |  |  |                                     |                                     |
| ....            |  |                                     |                                     |  |  |                                     |                                     |

Заключение по результатам поверки \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Свидетельство о государственной поверке № \_\_\_\_\_  
 (заключение о непригодности)

Государственный поверитель \_\_\_\_\_  
 подпись \_\_\_\_\_ расшифровка подписи \_\_\_\_\_



## Приложение В

(справочное)

## Рекомендуемые значения коэффициентов

Таблица В.1 – Рекомендуемые значения коэффициентов ослабления нейтронов воздухом  $\mu$ ,  $m^{-1}$ , для радионуклидных источников нейтронов различного спектрального состава и периода полураспада основных радионуклидов в источниках  $T_{1/2}$

| Радионуклидный источник  | $\mu$ , $m^{-1}$     | $T_{1/2}$ , лет |
|--|----------------------|-----------------|
| Тепловые (подкадмиевые)*   | $5,70 \cdot 10^{-2}$ | -               |
| $^{252}\text{Cf} + \text{D}_2\text{O}$ замедлитель (диаметр 30 см) | $2,96 \cdot 10^{-4}$ | 2,647           |
| $^{252}\text{Cf}$  | $1,05 \cdot 10^{-4}$ | 2,647           |
| $^{241}\text{Am-B} (\alpha, n)$                                    | $0,83 \cdot 10^{-4}$ | 432,6           |
| $^{241}\text{Am-Be} (\alpha, n)$                                   | $0,89 \cdot 10^{-4}$ | 432,6           |
| $^{241}\text{Am-Be} (\alpha, n)^*$                                 | $0,76 \cdot 10^{-4}$ | 432,6           |
| $^{238}\text{Pu-Be} (\alpha, n)$                                   | $0,90 \cdot 10^{-4}$ | 87,7            |
| $^{238}\text{Pu-Be} (\alpha, n)^*$                                 | $0,80 \cdot 10^{-4}$ | 87,7            |

\* Значения указаны для источника в геометрии коллимированного излучения

Таблица В.2 – Значения коэффициентов перехода от флюенса к эквиваленту дозы (от плотности потока нейтронов к МАЭД и МИЭД)  $k_{H^*(10)}$  и  $k_{H_p(10)}$ ,  $\text{пЗв} \cdot \text{см}^2$ , для радионуклидных источников нейтронов различного спектрального состава

| Радионуклидный источник  | Коэффициент конверсии                          |  |
|--|--|--|
|  | $k_{H^*(10)}$ , $\text{пЗв} \cdot \text{см}^2$ | $k_{H_p(10)}$ , $\text{пЗв} \cdot \text{см}^2$ |
| Тепловые (подкадмиевые)*   | 10,6   | 11,4   |
| $^{252}\text{Cf} + \text{D}_2\text{O}$ замедлитель (диаметр 30 см) | 105  | 110  |
| $^{252}\text{Cf}$  | 385  | 400  |
| $^{241}\text{Am-B} (\alpha, n)$                                    | 408  | 426  |
| $^{241}\text{Am-Be} (\alpha, n)$                                   | 391  | 411  |
| $^{241}\text{Am-Be} (\alpha, n)^*$                                 | 392  | 412  |
| $^{238}\text{Pu-Be} (\alpha, n)$                                   | 390  | 410  |
| $^{238}\text{Pu-Be} (\alpha, n)^*$                                 | 391  | 411  |

\* Значения указаны для источника в геометрии коллимированного излучения



**Библиография**

- [1] Правила осуществления метрологической оценки для утверждения типа средств измерений и стандартных образцов.  
Утверждены постановлением Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь 20.04.2021 № 38.
- [2] Правила осуществления метрологической оценки в виде работ по государственной поверке средств измерений.  
Утверждены постановлением Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь 24.04.2021 № 40.
- [3] Порядок проведения поверки средств измерений.  
Утвержден приказом Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510
- [4] ГОСТ Р 8.803-2012 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений мощности поглощенной дозы и мощности эквивалента дозы нейтронного излучения.
- [5] СанПиН от 31.12.2013 г. № 137 Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения.
- [6] СанПиН от 28.12.2012 г. № 213 Требования к радиационной безопасности.
- [7] ТИГР.418234.503 РЭ Установка радиационная поверочная нейтронного излучения УРПН-РМ9200. Руководство по эксплуатации
- [8] ISO 8529-2:2000 Излучения нейтронные эталонные. Часть 2. Основные принципы калибровки защиты от радиации приборов по основным величинам, характеризующим радиоактивное поле.



