

УТВЕРЖДАЮ

Директор УП «АТОМТЕХ»



В.А. Кожемякин

\_\_\_\_\_ 2015

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ГЦИ СИ ФГУП  
«ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



Н.И. Ханов

\_\_\_\_\_ 2015

**УСТАНОВКА ПОВЕРОЧНАЯ НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ  
УПН-АТ140**

**Методика поверки  
ТИАЯ.412118.031 МП**

*н.р. 63548-16*

Начальник отдела  
радиационной метрологии  
УП «АТОМТЕХ»

В.Д. Гузов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015

Руководитель отдела измерений  
ионизирующих излучений  
ГЦИ СИ ФГУП  
«ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

С.Г. Трофимчук

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015

## Содержание

1	Вводная часть .....	3
2	Операции поверки.....	3
3	Средства поверки .....	4
4	Требования к квалификации поверителей.....	5
5	Требования безопасности.....	5
6	Условия поверки и подготовка к ней.....	5
7	Проведение поверки .....	5
7.1	Внешний осмотр.....	5
7.2	Опробование .....	6
7.3	Определение метрологических характеристик .....	9
8	Оформление результатов поверки.....	17
	Приложение А (рекомендуемое) Форма протокола поверки.....	18
	Приложение Б (справочное).....	21

## 1 Вводная часть

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на установку поверочную нейтронного излучения УПН-АТ140, устанавливает методику ее первичной и периодической поверок и соответствует ГОСТ 8.521-84 «Государственная система обеспечения единства измерений. Установки поверочные нейтронного излучения. Методика поверки».

1.2 Установка поверочная нейтронного излучения УПН-АТ140 (далее – установка) предназначена для воспроизведения и передачи единиц плотности потока нейтронов, мощности амбиентного эквивалента дозы  $\dot{H}^*(10)$  и индивидуального эквивалента дозы  $\dot{H}_p^*(10)$  нейтронного излучения при поверке, калибровке, градуировке и испытаниях радиометров и дозиметров нейтронного излучения.

1.3 Первичной поверке подлежат установки до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта или устранения неисправности, которая могла бы привести к изменению метрологических характеристик установки.

1.4 Периодической поверке подлежит установка, находящаяся в эксплуатации.

1.5 Интервал между поверками – 2 года.

## 2 Операции поверки

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

Таблица 2.1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7.1	Да	Да
2 Опробование	7.2	Да	Да
3 Определение плотности потока нейтронов	7.3.1	Да	Да
4 Определение плотности потока тепловых (подкадмиевых) нейтронов	7.3.2	Да	Да
5 Определение плотности потока нейтронов в «открытой» геометрии	7.3.3	Да	Да
6 Определение мощности амбиентного эквивалента дозы и мощности индивидуального эквивалента дозы нейтронного излучения	7.3.4	Да	Да
7 Определение мощности амбиентного эквивалента дозы и мощности индивидуального эквивалента дозы нейтронного излучения при измерениях в "открытой" геометрии	7.3.5	Да	Да
8 Оформление результатов поверки	8	Да	Да

### 3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки должны применяться эталоны, средства измерений, приведенные в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип эталонов и вспомогательных средств поверки	Метрологические и основные технические характеристики
7.3.1 7.3.2 7.3.3 7.3.5	Эталон плотности потока нейтронов в ранге не ниже вторичного в соответствии с ПС ГОСТ 8.031-82	Диапазон $10 - 10^4 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ Суммарное СКО $S_{\Sigma 0} = (2 - 3) \cdot 10^{-2}$
7.3.4	Эталон мощности эквивалента дозы нейтронного излучения в ранге не ниже вторичного в соответствии с ПС ГОСТ 8.803-2012	Диапазон $10 - 1 \cdot 10^4 \text{ мкЗв ч}^{-1}$ Суммарное СКО $S_{\Sigma 0} = (2 - 3) \cdot 10^{-2}$
7.3.1 7.3.3 7.3.4 7.3.5	Компаратор– радиометр-дозиметр нейтронов	Диапазон измерений плотности потока нейтронов $1 - 1 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1} \text{ см}^{-2}$ Диапазон измерений мощности эквивалента дозы нейтронного излучения $1 - 1 \cdot 10^4 \text{ мкЗв ч}^{-1}$ СКО результата измерений $1 \cdot 10^{-2}$
7.3.2	Компаратор– радиометр тепловых нейтронов	Диапазон измерений плотности потока нейтронов $1 - 1 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1} \text{ см}^{-2}$ СКО результата измерений $1 \cdot 10^{-2}$
6.1	Термометр лабораторный	Диапазон измерений температуры от $0 \text{ }^\circ\text{C}$ до $50 \text{ }^\circ\text{C}$ . Цена деления $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ . Погрешность измерения не более $\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$
6.1	Психрометр аспирационный	Измерение относительной влажности воздуха от $10 \%$ до $100 \%$ . Погрешность измерения не более $\pm 2 \%$
6.1	Барометр-анероид	Измерение атмосферного давления от $80$ до $107 \text{ кПа}$ . Погрешность измерения не более $\pm 0,2 \text{ кПа}$
Примечание – Все средства измерений должны иметь действующие клейма и (или) свидетельства о поверке. Допускается применять другие средства измерений с метрологическими характеристиками не хуже указанных. Для расчета контрольной суммы программного обеспечения допускается применять стандартные средства, например, Total Commander, Double Commander.		

## 4 Требования к квалификации поверителей

4.1 К проведению поверки и (или) обработке результатов поверки допускаются лица, аттестованные в качестве государственных поверителей в установленном порядке. Техническое обслуживание и обеспечение работоспособности поверяемой установки выполняет штатный сотрудник из числа персонала организации-пользователя установки.

4.2 Для проведения поверки необходимо ознакомиться с руководством по эксплуатации на поверяемую установку и рекомендациями по выполнению измерений основных параметров поля излучения.

## 5 Требования безопасности

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования безопасности, установленные в:

- СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)»;
- СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)»;
- ПОТ РМ-016-2001 (РД 153-34.0-03.150-00) «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок»;
- РЭ на поверяемую установку;
- эксплуатационной документации применяемых средств поверки.

## 6 Условия поверки и подготовка к ней

6.1 Поверку необходимо проводить в следующих условиях:

- температура окружающего воздуха  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ;
- относительная влажность воздуха 60 (+20; -30) %;
- атмосферное давление 101,3 (+5,4; -15,3) кПа.

6.2 При подготовке к поверке необходимо:

- ознакомиться с РЭ;
- подготовить установку к поверке в соответствии с разделом 3 РЭ (3.1);
- подготовить средства измерений в соответствии с технической документацией.

## 7 Проведение поверки

### 7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

- наличие РЭ на поверяемую установку;
- соответствие комплектности, поверяемой установки требованиям РЭ в объеме, необходимом для поверки;
- наличие свидетельства о первичной или предыдущей поверке;
- наличие паспортов на входящие в комплект установки радионуклидные источники нейтронов с указанием действующих сроков службы;
- отсутствие в поле излучения установки посторонних предметов, которые могут влиять на результаты измерений;
- отсутствие повреждений установки, влияющих на ее метрологические характеристики.

## 7.2 Опробование

### 7.2.1 При опробовании установки проверяют:

- исправность установки в соответствии с эксплуатационной документацией;
- возможность размещения и юстировки поверяемых приборов в поле излучения, их фиксации и необходимых перемещений в поле излучения;
- работоспособность установки в соответствии с РЭ;
- подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО) установки.

**7.2.2** Подтверждение соответствия ПО проводят идентификацией ПО и проверкой обеспечения защиты ПО от несанкционированного доступа во избежание искажения результатов измерений.

Метрологически значимыми в программном обеспечении УПН-АТ140 являются следующие программы:

- программа «UPNControl», установленная на внешнем компьютере, обеспечивающая связь с установкой, ввод и редактирование данных о средствах измерений (СИ) радиационного контроля, эталонных СИ, эталонных источниках излучения (ИИ), их поверках, сценариях поверок и сохранение их в базе данных, пересчет метрологически значимых величин и сохранение результатов измерений в базе данных;
- программа контроллера ДУО (контроллера блока управления ДУО-АТ140), обеспечивающая управление процессом перемещения (позиционирования) облучателя и обработку сигналов ДУО;
- программа контроллера КС (контроллера блока управления КС-АТ140), обеспечивающая управление и позиционирование подвижной платформы по заданным координатам, управление опорным источником и обработку сигналов КС;
- программа панели оператора ДУО (панели оператора пульта управления ДУО-АТ140), обеспечивающая отображение состояния облучателя и инициализацию процесса перемещения источника путем передачи команд и обмена данными с контроллером ДУО.
- программа панели оператора КС (панели оператора пульта управления КС-АТ140), обеспечивающая отображение текущего состояния КС, передачу команд позиционирования контроллеру КС.

Определение цифровых идентификаторов исполняемых кодов внешнего ПО проводится вычислением контрольных сумм по методу MD5 с помощью внешней программы стороннего разработчика (например, стандартными средствами Total Commander).

Результаты поверки считают удовлетворительными, если наименования, номера версий (идентификационные номера) и контрольные суммы внешнего ПО соответствуют указанным в таблице 7.1 и в разделе РЭ «Особые отметки».

Идентификационные данные программного обеспечения приведены в таблице 7.1.

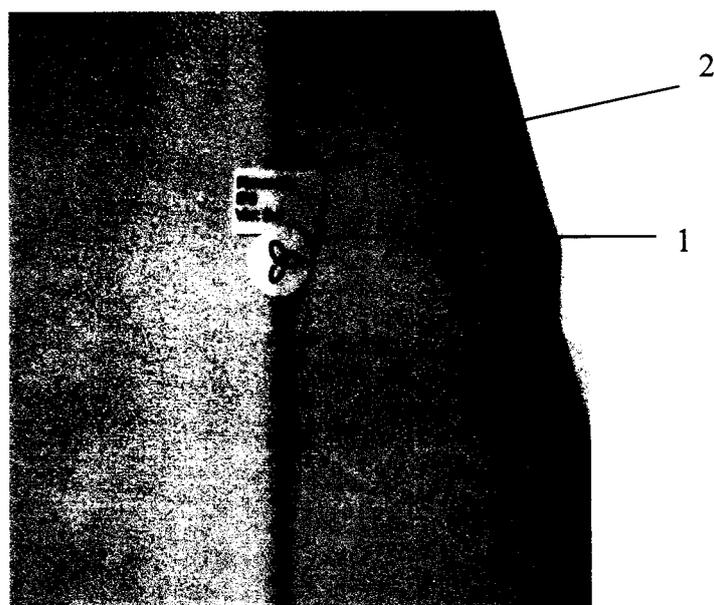
Таблица 7.1

Идентификационные данные (признаки)	Значения				
	Встроенное ПО				Внешнее ПО
Идентификационное наименование ПО	IPLC	CPLC	IPO	CPO	UPNControl.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	2.1 <sup>1)</sup>	2.1 <sup>1)</sup>	2.1 <sup>1)</sup>	2.1 <sup>1)</sup>	1.0.0.0 <sup>1)</sup>
Цифровой идентификатор ПО (по MD5)	Не определен <sup>2)</sup>	Не определен <sup>2)</sup>	Не определен <sup>2)</sup>	Не определен <sup>2)</sup>	46e975ae5f8 88687ab5d6b 88efa27000 <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Номер версии программного обеспечения не ниже указанного в таблице.  
<sup>2)</sup> Встроенное ПО устанавливается на стадии производства. Доступа к цифровому идентификатору встроенного ПО нет.  
<sup>3)</sup> Контрольная сумма относится к текущей версии программного обеспечения (1.0.0.0).

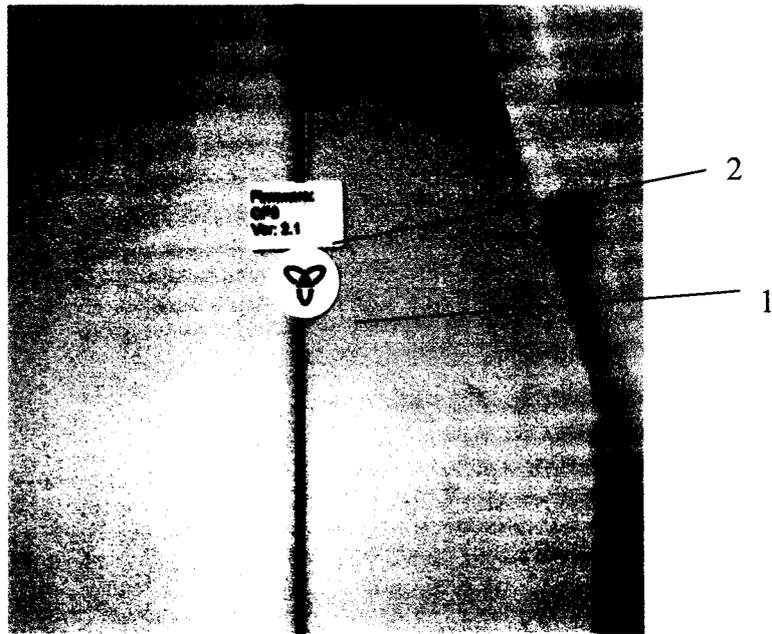
Программы контроллера ДУО, контроллера КС, панели оператора ДУО, панели оператора КС защищены от несанкционированного изменения паролем и пломбой на корпусах контроллеров и пультов управления (см. рисунки 1-4).

Под пломбой размещается шильдик с наименованием программы после слова «Firmware» и номером версии программы после слова «Ver».



1 – пломба; 2 – шильдик.

Рисунок 1 – Пломба на пульте управления облучателя



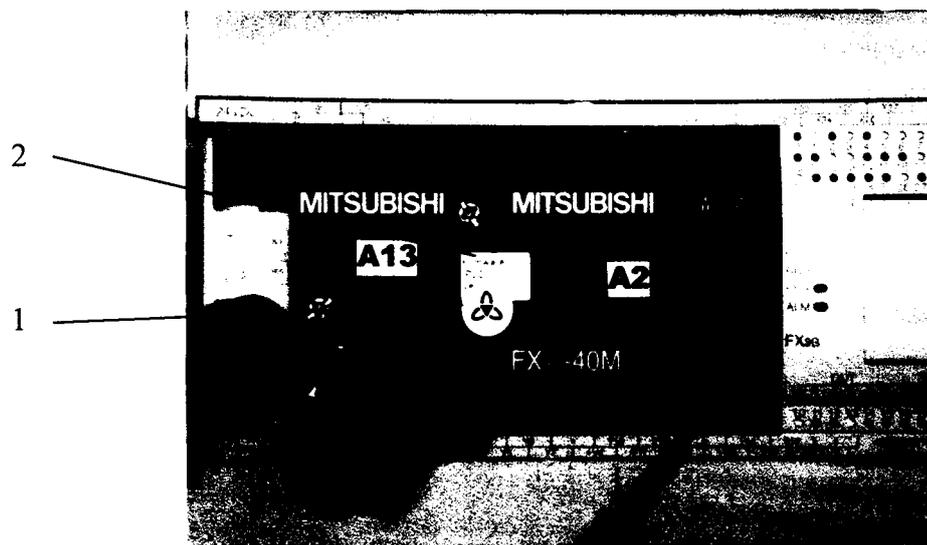
1 – пломба; 2 – шильдик.

Рисунок 2 – Пломба на пульте управления стенда



1 – пломба; 2 – шильдик.

Рисунок 3 – Пломба на корпусе контроллера КС



1 – пломба; 2 – шильдик.

**Рисунок 4 – Пломба на корпусе контроллера ДУО**

Результаты поверки считают удовлетворительными, если целостность пломбы не нарушена, а идентификационные наименования и номера версий (идентификационные номера) встроенного ПО соответствуют указанным в таблице **Ошибка! Источник ссылки не найден.** и (или) в разделе РЭ «Особые отметки». При повреждённой пломбе поверка прекращается и выписывается извещение о непригодности.

### 7.3 Определение метрологических характеристик

#### 7.3.1 Определение плотности потока нейтронов

**7.3.1.1** Значение плотности потока нейтронов определяют методом сличения значения плотности потока нейтронного поля поверяемой установки с конкретным источником, установленным в коллиматор, с плотностью потока в поле эталона более высокого разряда.

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

**7.3.1.3** Устанавливают расстояние  $R_1$  (не менее 0,6 м) между центрами радионуклидного источника и радиометра-компаратора.

**7.3.1.4** Измеряют скорость счета радиометра-компаратора  $N(R_1)$ , с<sup>-1</sup>. Проводят не менее пяти измерений скорости счета. Время экспозиции выбирают таким образом, чтобы суммарное число отсчетов было не менее  $5 \cdot 10^5$  импульсов. Значение  $N(R_1)$  записывают в таблице А.2 протокола поверки, форма которого приведена в приложении Г.

**7.3.1.5** Вычисляют среднее арифметическое значение результатов измерений для расстояния  $R = R_1$  по формуле

$$\bar{N} = \frac{1}{n} \sum N_i, \quad (7.1)$$

где  $N_i$  – результат  $i$ -го измерения;

$\bar{N}$  – среднее арифметическое значение результатов измерений;

$n$  – число измерений.

Результаты заносят в таблицу **A.2** протокола поверки.

**7.3.1.6** Увеличивая значение  $R$  на 0,1 м, повторяют процедуру 7.3.1.4 – 7.3.1.5 до достижения значения  $R = 3,0$  м.

**7.3.1.7** Для каждого значения  $R$  вычисляют значения скорости счета  $N^*(R)$ ,  $\text{с}^{-1}$ , по формуле

$$N^*(R) = \frac{\bar{N}}{1 - \bar{N}\tau} \cdot e^{\mu R}, \quad (7.2)$$

где  $\tau$  – «мертвое» время радиометра компаратора, с,

$\mu$  – коэффициент рассеяния нейтронов воздухом,  $\text{м}^{-1}$ .

Результаты заносят в таблицу **A.2** протокола поверки.

Вычисляют величину  $\frac{1}{\sqrt{N^*(R)}}$ .

Результаты заносят в таблицу **A.2** протокола поверки.

**7.3.1.8** Строят график  $f(R) = \frac{1}{\sqrt{N^*(R)}}$ , и по начальному линейному участку проводят прямую линию. Методом наименьших квадратов определяют параметры прямой линии  $\frac{1}{\sqrt{N^*(R)}} = aR + b$  и вычисляют значение  $\Delta R_1 = -\frac{b}{a}$ .

**7.3.1.9** Для каждого значения  $R$  вычисляют значение  $\frac{1}{(R - \Delta R_1)^2}$ , результаты заносят в таблицу **A.2** протокола поверки.

**7.3.1.10** Строят график зависимости  $N^*(R) = f((R - \Delta R_1)^{-2})$ , по начальному линейному участку проводят прямую линию и методом наименьших квадратов определяют параметры прямой  $N^*(R) = a(R - \Delta R_1)^{-2} + b$ .

Физический смысл константы  $b$  – вклад рассеянных нейтронов в суммарную скорость счета,  $b = N_{p1}$ .

Для каждого значения  $R$  вычисляют значение характеристической константы системы «источник-детектор» по формуле

$$A = (N^*(R) - N_{p1}) \cdot (R - \Delta R_1)^2. \quad (7.3)$$

В случае если  $A = \text{const}(R)$  в пределах  $\pm 1\%$ , вычисляют среднее значение характеристической константы  $\bar{A}$  по формуле

$$\bar{A} = \frac{1}{k} \sum A_j. \quad (7.4)$$

Результат заносят в таблицу **A.2** протокола поверки.

**7.3.1.11** В случае если  $A \neq \text{const}(R)$ , строят график зависимости

$$\frac{1}{\sqrt{N^*(R) - N_{pl}}} = f(R) \quad (7.5)$$

и в соответствии с 7.3.1.8 – 7.3.1.11 вычисляют значения  $\Delta R_2$ ,  $N_{p2}$  и  $\bar{A}$ .

**7.3.1.12** Вычисляют СКО результата измерений, %, по формуле

$$S = \frac{100}{\bar{A}} \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k (\bar{A} - A_j)^2}{k(k-1)}}. \quad (7.6)$$

**7.3.1.13** Вычисляют значение плотности потока нейтронов в поле поверяемой установки на расстоянии 1 м от центра источника по формуле

$$\varphi_p(1\text{м}) = \varphi_s(1\text{м}) \frac{A_p}{A_s} \cdot \frac{(1 - \Delta R_p)^2}{(1 - \Delta R_s)^2}, \quad (7.7)$$

где  $\varphi_s$ ,  $A_s$  и  $\Delta R_s$  – значения относятся к эталону более высокого ранга, по которому проводится сличение;

$\varphi_p$ ,  $A_p$  и  $\Delta R_p$  – значения для поверяемой установки.

**7.3.1.14** Рассчитывают значения плотности потока нейтронов в прямом пучке (без учёта рассеянного излучения) на расстоянии  $R$  в диапазоне расстояний от 0,6 до 3,0 м для поверяемой установки  $\varphi_p(R)$  по формуле

$$\varphi_p(R) = \varphi_p(1\text{м}) \frac{(1 - \Delta R)^2}{(R - \Delta R)^2} e^{-\mu(R-1)} \quad (7.8)$$

**7.3.1.15** Результаты измерений плотности потока нейтронов  $\varphi_p(R)$  принимают за действительные значения плотности потока нейтронов в поле поверяемой установки и записывают в таблицу **A.6** протокола поверки.

**7.3.1.16** Выполняют последовательность операций 7.3.1.3 – 7.3.1.12 для всех типов радиометров, проходящих поверку в поле поверяемой установки.

**7.3.1.17** Для каждого типа радиометров вычисляют значение коэффициента  $B(R)$  для каждого значения  $R$  по формуле  $B(R) = \frac{N(R) - N_p}{N(R)}$ . Результат записывают в таблицу **A.3** протокола поверки.  $B(R)$  – коэффициент, учитывающий вклад рассеянного нейтронного излучения в показания радиометра (определяется при поверке эталонной установки).

**7.3.1.18** Доверительные границы основной относительной погрешности  $\delta_0$ , %, плотности потока нейтронов в поле поверяемой установки с доверительной вероятностью  $P = 0,95$  определяют в соответствии с ГОСТ Р 8.736-2011 по формуле

$$\delta_0 = K S_{\Sigma}, \quad (7.9)$$

где  $S_{\Sigma}$  – суммарное СКО результатов измерений, %;

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

**7.3.1.19** Суммарное СКО результатов измерений  $S_{\Sigma}$  вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S^2 + S_{\delta}^2 + S_{g}^2 + S_R^2}, \quad (7.10)$$

где  $S$  – СКО результата измерений, рассчитанное по формуле (7.6), %;

$S_{\delta}$  – СКО неисключенной систематической погрешности (НСП) эталона более высокого ранга, по которому проводится поверка, равное половине значения погрешности для доверительной вероятности  $P = 0,95$ , приведенного в свидетельстве о его поверке, %;

$S_g$  – СКО НСП радиометра-компаратора, рассчитанное по формуле

$$S_g = \sqrt{\frac{g^2}{3}}, \quad (7.11)$$

где  $g$  – максимальное значение невоспроизводимости показаний радиометра-компаратора, %;

$S_R$  – СКО результата определения расстояния от центра источника до центра детектора дозиметрического прибора ( $S_R = \sqrt{\frac{0,2^2}{3}} = 0,14\%$  согласно технической документации на установку), %.

**7.3.1.20** Коэффициент  $K$  вычисляют по формуле

$$K = \frac{tS + 1,1\sqrt{g^2 + 4S_{\delta}^2 + 4S_R^2}}{S + \sqrt{S_{\delta}^2 + S_g^2 + S_R^2}}, \quad (7.12)$$

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

Результаты поверки считают положительными, если основная относительная погрешность поверяемой установки при доверительной вероятности 0,95 не превышает допустимого предела для рабочих эталонов 1-го и 2-го разрядов по ГОСТ Р 8.031-82.

## 7.3.2 Определение плотности потока тепловых нейтронов

**7.3.2.1** Значение плотности потока нейтронов определяют методом сличения значения плотности потока нейтронного поля поверяемой установки с конкретным источником, установленным в контейнер-замедлитель, с плотностью потока в поле эталона более высокого разряда.

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

**7.3.2.3** По шкале градуировочной линейки установки устанавливают расстояние  $R_I$  (не менее 0,6 м) между центрами радионуклидного источника и радиометра-компаратора.

**7.3.2.4** Измеряют скорость счета  $N_I$ , с<sup>-1</sup>. Время экспозиции выбирают таким образом, чтобы суммарное число отсчетов было менее  $5 \cdot 10^5$  импульсов. Значение  $N_I$  записывают в таблицу А.4 протокола поверки.

**7.3.2.5** Закрывают кадмиевым экраном толщиной 1 мм источник тепловых нейтронов, по методике 7.3.2.4 получают значение  $N_{II}$ , результат заносят в таблицу А.4 протокола поверки.

**7.3.2.6** Закрывают кадмиевым экраном толщиной 1 мм детектор, по методике 7.3.2.4 получают значение  $N_{IV}$ , результат заносят в таблицу 3 протокола поверки.

**7.3.2.7** Снимают кадмиевый экран с источника, по методике 7.3.2.4 получают значение  $N_{III}$ , результат заносят в таблицу А.4 протокола поверки.

**7.3.2.8** Увеличивают расстояние на 0,1 м, повторяют операции по 7.3.2.3 – 7.3.2.7 до достижения значения  $R = 3,0$  м.

**7.3.2.9** Для каждого полученного значения  $N$  рассчитывают значение  $N^*$  по формуле

$$N^* = \frac{N}{1 - N \cdot \tau}. \quad (7.13)$$

Результаты записывают в таблицу А.4 протокола поверки.

**7.3.2.10** Для каждого значения  $R$  рассчитывают значение скорости счета, обусловленной тепловыми нейтронами, по формуле

$$N_T = N_I^* - \frac{N_{II}^* \cdot N_{III}^*}{N_{IV}^*}. \quad (7.14)$$

Результаты записывают в таблицу А.4 протокола поверки.

**7.3.2.11** Для каждого значения  $R$  рассчитывают значение  $N_T^* = N_T e^{\mu R}$ .

Результаты записывают в таблицу А.4 протокола поверки.

**7.3.2.12** По методике 7.3.1.7–7.3.1.11 определяют значение  $A$  и  $N_p$ , результаты записывают в таблицу А.4 протокола поверки.

**7.3.2.13** Вычисляют СКО результата измерений по формуле (7.6).

**7.3.2.14** Вычисляют значение плотности потока тепловых нейтронов в поле поверяемой установки на расстоянии 1 м от центра источника по формуле (7.7).

**7.3.2.15** Рассчитывают значения  $\varphi_p(R)$  плотности потока тепловых нейтронов в диапазоне расстояний от 0,6 до 3,0 м по формуле (7.8).

**7.3.2.16** Результаты измерений плотности потока нейтронов  $\varphi_p(R)$  принимают за действительные значения плотности потока нейтронов в поле поверяемой установки и записывают в таблицу А.6 протокола поверки.

**7.3.2.17** Выполняют последовательность операций 7.3.2.3 – 7.3.2.12 для всех типов радиометров тепловых нейтронов, проходящих поверку в поле поверяемой установки.

**7.3.2.18** Для каждого типа радиометров для каждого значения  $R$  вычисляют значение  $B(R) = \frac{N(R) - N_p}{N(R)}$ . Результаты записывают в таблицу А.3 протокола поверки.

**7.3.2.19** Доверительные границы основной относительной погрешности плотности потока тепловых нейтронов  $\delta_0$ , %, с доверительной вероятностью  $P = 0,95$  определяют в соответствии с требованиями 7.3.1.18–7.3.1.20.

Результаты поверки считают положительными, если основная относительная погрешность поверяемой установки при доверительной вероятности 0,95 не превышает допустимого предела для рабочих эталонов 1-го и 2-го разрядов по ГОСТ Р 8.031-82.

### 7.3.3 Определение плотности потока нейтронов в «открытой» геометрии

**7.3.3.1** 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.

**7.3.3.2** 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 центра радионуклидного источника, размещенного в «открытой» геометрии.

**7.3.3.3** Устанавливают оборудование «открытой» геометрии на основании калибровочного стенда в соответствии с разделом 3.2 РЭ. Проводят юстировку оснований экранирующего конуса относительно оси, проходящей через центр радионуклидного источника нейтронов в «открытой» геометрии и эффективный центр блока детектирования радиометра-компаратора.

**7.3.3.4** Убирают экранирующий конус. Устанавливают расстояние  $R_1$  (не менее 0,6 м) между центрами радионуклидного источника и радиометра-компаратора.

**7.3.3.5** Устанавливают радионуклидный источник в «открытой» геометрии.

**7.3.3.6** Измеряют скорость счета  $N(R_1)$ , с<sup>-1</sup>. Время экспозиции выбирают таким, чтобы суммарное число отсчетов было не менее  $5 \cdot 10^5$  импульсов. Проводят не менее пяти измерений скорости счета. Значение  $N(R_1)$  записывают в таблице А.5 протокола поверки.

**7.3.3.7** Вычисляют среднее арифметическое значение результатов измерений по формуле (7.1).

**7.3.3.8** Увеличивая значение  $R$  на 0,1 м, повторяют операции по 7.3.3.6-7.3.3.7 до достижения значения  $R = 3,0$  м.

**7.3.3.9** Для каждого значения  $R$  рассчитывают значение  $N^*(R)$ , с<sup>-1</sup>, по формуле

$$N^*(R) = \frac{\bar{N}}{1 - \bar{N} \cdot \tau}. \quad (7.15)$$

Результаты записывают в таблицу А.5 протокола поверки.

**7.3.3.10** Устанавливают экранирующий конус. Повторяют операции по 7.3.3.6–7.3.3.9.

**7.3.3.11** Результат измерения скорости счета на расстояниях  $R$  в «открытой» геометрии  $N_0$  определяют как разность средних значений скоростей счета, полученных при измерениях без экранирующего конуса  $N^*(R)$ , и значений скоростей счета, полученных при измерениях с экранирующим конусом  $N_K^*$ , по формуле

$$N_0 = N^*(R) - N_K^*. \quad (7.16)$$

**7.3.3.12** Вычисляют среднее квадратическое отклонение (СКО) результата измерений в относительной форме по формуле

$$S_0 = \frac{1}{N_0} \sqrt{S^2 + S_K^2}, \quad (7.17)$$

где  $S$  и  $S_K$  – средние квадратические отклонения результатов измерений скоростей счета, определенных без экранирующего конуса и с экранирующим конусом, соответственно.

**7.3.3.13** Для каждого значения  $R$  рассчитывают значение  $N_0^*(R) = N_0 e^{\mu R}$ . Результаты записывают в таблицу А.5 протокола поверки.

**7.3.3.14** Для каждого значения  $R$  вычисляют значение характеристической константы системы «источник – детектор» по формуле

$$A = N_0^*(R) \cdot R^2 \quad (7.18)$$

Для интервала расстояний  $R$ , когда  $A = \text{const}(R)$  в пределах  $\pm 1\%$ , вычисляют значение характеристической константы  $\bar{A}$  по формуле (7.4). Результат заносят в таблицу А.5 протокола поверки.

**7.3.3.15** Вычисляют СКО результата измерений по формуле (7.6).

**7.3.3.16** Вычисляют значение характеристической константы  $A^*$  с учетом чувствительности радиометра-компаратора по формуле

$$A^* = \frac{A}{K_s}, \quad (7.19)$$

где  $K_s$  – коэффициент чувствительности, приводящий к единицам плотности потока нейтронов.

**7.3.3.17** Значение плотности потока нейтронов в «открытой» геометрии в направлении, перпендикулярном оси источника, рассчитывают по формуле

$$\varphi(R) = \frac{A}{R^2}. \quad (7.20)$$

**7.3.3.18** Результаты измерений плотности потока нейтронов  $\varphi(R)$  принимают за действительные значения плотности потока нейтронов в поле поверяемой установки и записывают в таблицу А.6 протокола поверки.

**7.3.3.19** Доверительные границы основной относительной погрешности  $\delta_0$ , %, плотности потока нейтронов в «открытой» геометрии определяют в соответствии с 7.3.1.18–7.3.1.20.

Результаты поверки считают положительными, если основная относительная погрешность поверяемой установки при доверительной вероятности 0,95 не превышает допустимого предела для рабочих эталонов 1-го и 2-го разрядов по ГОСТ 8.031-82.

### 7.3.4 Определение мощности амбиентного эквивалента дозы и мощности индивидуального эквивалента дозы нейтронного излучения

**7.3.4.1** Значение мощности амбиентного эквивалента дозы и индивидуального эквивалента дозы нейтронного излучения определяют методом сличения значения мощности амбиентного (индивидуального) эквивалента дозы в поле поверяемой установки с конкретным источником, установленным в коллиматор, с мощностью амбиентного (индивидуального) эквивалента дозы в поле эталона более высокого разряда в соответствии с поверочной схемой ГОСТ 8.803-2012.

**7.3.4.2** Проводят измерения в соответствии с п.п. 7.3.1.2 – 7.3.1.12.

**7.3.4.3** Вычисляют значение мощности амбиентного эквивалента дозы в поле поверяемой установки на расстоянии 1 м от центра источника по формуле

$$\dot{H}^*(10)_{1м} = \dot{H}_s^*(10)_{1м} \frac{A_p}{A_s} \cdot \frac{(1 - \Delta R_p)^2}{(1 - \Delta R_s)^2}, \quad (7.21)$$

где  $\dot{H}_s^*$ ,  $A_s$  и  $\Delta R_s$  – значения относятся к эталону более высокого ранга, по которому проводится сличение;

$\dot{H}^*$ ,  $A_p$  и  $\Delta R_p$  – значения для поверяемой установки.

**7.3.4.4** Рассчитывают значения мощности амбиентного эквивалента дозы на расстоянии  $R$  в диапазоне расстояний от 0,6 до 3,0 м для поверяемой установки  $\dot{H}^*(10)_R$  по формуле

$$\dot{H}^*(10)_R = \dot{H}^*(10)_{1м} \frac{(1 - \Delta R)^2}{(R - \Delta R)^2} e^{-\mu(R-1)}, \quad (7.22)$$

**7.3.4.5** Результаты измерений мощности амбиентного эквивалента дозы  $\dot{H}^*(10)_R$  принимают за действительные значения мощности амбиентного эквивалента дозы в поле поверяемой установки и записывают в таблицу А.6 протокола поверки.

**7.3.4.6** Вычисляют значение мощности индивидуального эквивалента дозы в поле поверяемой установки на расстоянии 1 м от центра источника по формуле

$$\dot{H}_p^*(10)_{1м} = \dot{H}_{ps}^*(10)_{1м} \frac{A_p}{A_s} \cdot \frac{(1 - \Delta R_p)^2}{(1 - \Delta R_s)^2}, \quad (7.23)$$

где  $\dot{H}_{ps}^*$ ,  $A_s$  и  $\Delta R_s$  – значения относятся к эталону более высокого ранга, по которому проводится сличение;

$\dot{H}_p^*$ ,  $A_p$  и  $\Delta R_p$  – значения для поверяемой установки.

**7.3.4.7** Значения мощности индивидуального эквивалента дозы на расстоянии  $R$  в диапазоне расстояний от 0,6 до 3,0 м для поверяемой установки  $\dot{H}_p^*(10)_R$  рассчитывают по формуле

$$\dot{H}_p(10)_R = \dot{H}_p(10)_{1м} \frac{(1 - \Delta R)^2}{(R - \Delta R)^2} e^{-\mu(R-1)}, \quad (7.24)$$

**7.3.4.8** Результаты измерений мощности индивидуального эквивалента дозы  $\dot{H}^*(10)_R$  принимают за действительные значения мощности индивидуального эквивалента дозы в поле поверяемой установки и записывают в таблицу А.6 протокола поверки.

**7.3.4.9** Доверительные границы основной относительной погрешности  $\delta_0$ , %, мощности амбиентного (индивидуального) эквивалента дозы в поле поверяемой установки с доверительной вероятностью  $P = 0,95$  определяют в соответствии с п.п. 7.3.1.18–7.3.1.20.

Результаты поверки считают положительными, если основная относительная погрешность поверяемой установки при доверительной вероятности 0,95 не превышает 7%.

### **7.3.5 Определение мощности амбиентного эквивалента дозы и мощности индивидуального эквивалента дозы нейтронного излучения при измерениях в "открытой" геометрии**

**7.3.5.1** Значения мощности амбиентного эквивалента дозы нейтронного излучения рассчитывают в соответствии с рекомендациями ISO-8529 по формуле:

$$\dot{H}^*(10) = \varphi \cdot k_{H^*(10)}. \quad (7.25)$$

где  $\varphi$  - плотность потока нейтронов, определённая в соответствии с п. 7.3.3.

**7.3.5.2** Значения мощности индивидуального эквивалента дозы нейтронного излучения рассчитывают в соответствии с рекомендациями ISO-8529 по формуле

$$\dot{H}_p(10) = \varphi \cdot k_{H_p(10)}. \quad (7.26)$$

**7.3.5.3** Значения коэффициентов перехода от флюенса к эквиваленту дозы (от плотности потока нейтронов к мощности эквивалента дозы) для радионуклидных источников нейтронов приведены в справочном Приложении Б.

**7.3.5.4** Результаты определения мощности амбиентного эквивалента дозы и мощности индивидуального эквивалента дозы нейтронного излучения записывают в таблицу А.6 протокола поверки.

## **8 Оформление результатов поверки**

**8.1** Результаты поверки оформляют протоколом поверки по форме, приведенной в приложении А.

**8.2** Положительные результаты поверки оформляют выдачей свидетельства о поверке установки установленной формы.

**8.3** При отрицательных результатах поверки:

- поверяемая установка к применению не допускается;
- на установку выдается извещение о непригодности установленной формы с указанием причин непригодности;
- свидетельство о поверке установки аннулируется.



Таблица А.1 Результаты проверки программного обеспечения

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
UPNControl	UPNControl.exe			
Программа контроллера ДУО	IPLC			
Программа контроллера КС	CPLC			
Программа панели оператора ДУО	IPO			
Программа панели оператора КС	CPO			

## 3 Определение метрологических характеристик

Таблица А.2 Результаты измерения плотности потока нейтронов

$R$ , м	$N$ , с <sup>-1</sup>	$N^*$ , с <sup>-1</sup>	$\frac{I}{\sqrt{N^*}}$	$\frac{I}{(R - \Delta R_1)^2}$	$\frac{I}{\sqrt{N^* - N_{pl}}}$	$\frac{I}{(R - \Delta R_2)^2}$	...	$A$
0,8								
0,9								
...								
3,0								
$\bar{A}$								

Таблица А.3 Результаты определения вклада рассеянного излучения

$R$ , м	$\varphi$ , с <sup>-1</sup> м <sup>-2</sup>	$B$				
		(тип радиометра)				
0,8						
0,9						
...						
3,0						

Таблица А.4 Результаты определения плотности потока тепловых нейтронов

$R, м$	$N_I$	$N_{II}$	$N_{III}$	$N_{IV}$	$N_I^*$	$N_{II}^*$	$N_{III}^*$	$N_{III}^*$	$N_T$	$N_T^*$	$\frac{I}{\sqrt{N_T^*}}$	$A$
0,8												
0,9												
...												
3,0												
$\bar{A}$												

Таблица А.5 Результаты определения плотности потока нейтронов в "открытой" геометрии

$R, м$	$N, с^{-1}$	$N^*, с^{-1}$	$N_K, с^{-1}$	$N_K^*, с^{-1}$	$N_K^*$	$A$
0,6						
0,7						
...						
3,0						
$\bar{A}$						

Таблица А.6 Результаты определения метрологических характеристик установки

$R, м$	Источник типа ..... № .....							Источник типа ..... № .....						
	Коллиматор				Открытая геометрия			Коллиматор				Открытая геометрия		
	$\Phi_{быстр.}$	$\dot{N}^*(10)$	$\dot{N}_p(10)$	$\Phi_{тепл.}$	$\Phi_{быстр.}$	$\dot{N}^*(10)$	$\dot{N}_p(10)$	$\Phi_{быстр.}$	$\dot{N}^*(10)$	$\dot{N}_p(10)$	$\Phi_{тепл.}$	$\Phi_{быстр.}$	$\dot{N}^*(10)$	$\dot{N}_p(10)$
0,8														
0,9														
...														
3,0														

Установка УПН-АТ140

методике поверки.

\_\_\_\_\_ соответствует/не соответствует

Свидетельство № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_  
(Извещение о непригодности)

Поверитель

\_\_\_\_\_ личная подпись

\_\_\_\_\_ расшифровка подписи

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20

**Приложение Б**  
**(справочное)**

**Таблица Б.1 Значения коэффициентов перехода от флюенса к эквиваленту дозы (от плотности потока нейтронов к мощности эквивалента дозы) для радионуклидных источников нейтронов различного спектрального состава**

Радионуклидный источник	Коэффициент конверсии	
	$k_{H^*(10)}$ , (pSv cm <sup>2</sup> )	$k_{Hp(10)}$ , (pSv cm <sup>2</sup> )
<sup>252</sup> Cf+ D <sub>2</sub> O замедлитель (диаметр 30см)	105	110
<sup>252</sup> Cf	385	400
<sup>238</sup> Pu-B( $\alpha, n$ ) [ <sup>241</sup> Am-B( $\alpha, n$ )]	408	426
<sup>238</sup> Pu -Be( $\alpha, n$ ) [ <sup>241</sup> Am -Be( $\alpha, n$ )]	391	411

**Таблица Б.2 Рекомендуемые значения коэффициентов ослабления нейтронов воздухом ( $\mu$ ) для радионуклидных источников нейтронов различного спектрального состава и периодов полураспада основных радионуклидов в источниках ( $T_{1/2}$ ).**

Радионуклидный источник	$\mu$ , м <sup>-1</sup>	$T_{1/2}$ , лет
Тепловые (подкадмиевые)	$5,70 \cdot 10^{-2}$	
<sup>252</sup> Cf+ D <sub>2</sub> O замедлитель (диаметр 30 см)	$2,96 \cdot 10^{-4}$	2,65
<sup>252</sup> Cf	$1,05 \cdot 10^{-4}$	2,65
<sup>238</sup> Pu-B( $\alpha, n$ ) [ <sup>241</sup> Am-B( $\alpha, n$ )]	$0,83 \cdot 10^{-4}$	87,7 [432,6]
<sup>238</sup> Pu -Be( $\alpha, n$ ) [ <sup>241</sup> Am -Be( $\alpha, n$ )]	$0,87 \cdot 10^{-4}$	87,7 [432,6]

## Лист регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в докум.	№ документа	Входящий № сопроводительного документа и дата	Подп.	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных					