

БЛОК ДЕТЕКТИРОВАНИЯ НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
БДН-РМ1403

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

СОДЕРЖАНИЕ

1	Описание и работа блока детектирования нейтронного излучения (БДН)	4
1.1	Назначение и область применения	4
1.2	Состав БДН	5
1.3	Технические характеристики	6
1.4	Устройство и принцип работы БДН	9
1.4.1	Конструкция БДН	9
1.4.2	Принцип действия	11
1.5	Маркировка БДН	11
1.6	Упаковка	11
2	Использование по назначению	12
2.1	Подготовка БДН к использованию	12
2.1.1	Общие указания	12
2.1.2	Меры безопасности	12
2.1.3	Включение/выключение БДН	12
2.1.4	Контроль работоспособности БДН	15
2.2	Использование БДН	16
2.2.1	Выбор режима работы БДН	16
2.2.2	Работа в режиме "Поиск"	16
2.2.3	Работа в режиме измерения МЭД	18
2.2.4	Работа в режиме регистрации нейтронного излучения	20
2.2.5	Программирование режимов работы с помощью БДОИ или ПК	20
2.2.6	Использование БДН с ПК	21
3	Техническое обслуживание	22
4	Возможные неисправности	22
5	Методика поверки	23
6	Утилизация	34
	<i>Приложение А</i> Форма протокола поверки	35

Благодарим вас за покупку блока детектирования нейтронного излучения БДН-РМ1403 производства Полимастер.

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) предназначено для изучения устройства, конструкции и принципа действия блока детектирования нейтронного излучения БДН-РМ1403 (далее БДН). РЭ содержит основные технические данные и характеристики БДН, указания по его использованию, метрологической поверке, рекомендации по техническому обслуживанию, а также другие сведения, необходимые для правильной эксплуатации БДН и полного использования его возможностей.

Пример записи БДН при его заказе и в другой документации:
"Блок детектирования нейтронного излучения БДН-РМ1403 ТУ ВУ 100345122.060-2012".

В процессе изготовления БДН в его электрическую схему и конструкцию могут быть внесены изменения, не влияющие на технические и метрологические характеристики и поэтому не отраженные в настоящем РЭ.

1 Описание и работа БДН

1.1 Назначение и область применения

1.1.1 Блок детектирования БДН предназначен для:

- измерения мощности амбиентного эквивалента дозы $\dot{H}^{*}(10)$ (далее МЭД) нейтронного излучения в коллимированном излучении по Pu- α -Be;
- поиска (обнаружения и локализации) источников нейтронного излучения;
- регистрации нейтронного излучения.

При подключении к блоку детектирования и обработки информации дозиметра-радиометра БДОИ-PM1403 (далее БДОИ) или персональному компьютеру (ПК) осуществляется:

- индикация на дисплее измеренного значения МЭД нейтронного излучения и индикация относительной среднеквадратической погрешности среднего значения результата измерения с вероятностью 0,95 (статистическая погрешность) в процентах;
- индикация средней скорости счета и измеренного значения МЭД нейтронного излучения при работе БДН в режиме поиска;
- программирование режимов работы БДН.

БДН может использоваться сотрудниками таможенных и пограничных служб, медицинских учреждений, транспортных организаций, персоналом атомных установок, радиологических и изотопных лабораторий, сотрудниками аварийных служб, гражданской обороны, пожарной охраны, полиции, а также широким кругом потребителей для поиска источников нейтронного излучения, непрерывного мониторинга радиационной обстановки окружающей среды.

БДН подключается к БДОИ или ПК по интерфейсу RS-485 или USB.

Питание БДН осуществляется от БДОИ или ПК.

1.1.2 БДН относится к изделиям третьего порядка по ГОСТ 12997-84 и по устойчивости и прочности к климатическим воздействиям соответствует группе исполнения С4 по ГОСТ 12997-84, но для следующих условий эксплуатации:

- температура окружающего воздуха от минус 20 до 50 °С;
- относительная влажность воздуха до 95 % при температуре 35 °С;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

1.2 Состав БДН

1.2.1 Состав комплекта поставки БДН соответствует приведенному в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Наименование, тип	Количество, шт
Блок детектирования нейтронного излучения БДН-PM1403	1
Модуль развязки USB/RS485 ¹⁾	1
Хомут ¹⁾	1
Рукоятка ¹⁾	1
Удлинитель телескопический ¹⁾	1
Кабель № 2 (1,5 м) ¹⁾	1
Кабель № 2-1 (25 м) ¹⁾	1
Кабель № 2-2 (0,25 м) ¹⁾	1
Кабель № 3	1
Паспорт	1
Электронный носитель (Программное обеспечение, Руководство по эксплуатации ²⁾) ¹⁾	1
Упаковка ³⁾	1

¹⁾ Поставляется по требованию потребителя, по отдельному заказу
²⁾ В состав входит методика поверки
³⁾ Допускается использование иной упаковки в соответствии с требованиями заказчика и условиями поставки, удовлетворяющей требованиям ТУ

1.3 Технические характеристики

- 1.3.1** Режимы работы БДН: - измерение МЭД нейтронного излучения;
- поиск источников нейтронного излучения;
- программирование режимов работы
- 1.3.2** Диапазон измерения МЭД (по Pu- α -Be источнику в коллимированном излучении) от 1,0 до 5000 мкЗв/ч
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения МЭД (при других значениях энергий параметры не нормируются)
$$\pm \left(30 + K / \dot{H} \right) \%$$

где \dot{H} – значение МЭД, мкЗв/ч;
K – коэффициент равный 10,0 мкЗв/ч
- 1.3.3** БДН обеспечивает ввод, хранение в энергонезависимой памяти и непрерывный контроль достижения или превышения двух пороговых уровней МЭД, а также звуковую и световую (красного цвета) сигнализации при превышении установленных пороговых уровней. При превышении первого порогового уровня по МЭД – прерывистый сигнал. При превышении второго порогового уровня по МЭД – частый прерывистый сигнал.
Диапазон установки пороговых уровней МЭД от 1,0 до 5000 мкЗв/ч.
Дискретность установки порогового уровня – единица младшего индицируемого разряда на дисплее БДОИ
- 1.3.4** Диапазон энергий регистрируемого нейтронного излучения от тепловых ($0,025 \cdot 10^{-6}$ МэВ) до 14,0 МэВ
- 1.3.5** БДН в режиме поиска регистрирует нейтронное излучение с индикацией на дисплеях БДОИ или ПК средней скорости счета в импульсах в секунду (c^{-1}) в диапазоне от 1 до 4000 c^{-1}
Чувствительность к нейтронному излучению, не менее:
0,3 (c^{-1})/(нейтрон/ $c \cdot cm^2$) – для Pu- α -Be;
1,2 (c^{-1})/(нейтрон/ $c \cdot cm^2$) – для тепловых нейтронов
- 1.3.6** По критерию обнаружения источников нейтронного излучения БДН соответствует требованиям программы ГОСТ Р 51635-2000 категории IVN_{n100}, т.е. БДН, при установленном значении коэффициента $n=3,7$ (количестве среднеквадратических отклонений текущего радиационного нейтронного фона), соответствующем значению, при котором частота ложных срабатываний не более одного срабатывания за 10 мин непрерывной работы и уровне радиационного гамма-фона не более 0,25 мкЗв/ч, обнаруживает стандартные образцы (СО) из плутония и альтернативные источники нейтронного излучения, согласно таблице 1.2, с вероятностью более 0,5

Таблица 1.2

Наименование параметра	Тип источника	
	²⁵² Cf	СО из плутония
Выход нейтронов в телесный угол 4π стерадиан, нейтрон/с	$1,5 \cdot 10^4$	-
Масса СО, г	-	250
Скорость перемещения (источник, прибор), м/с	$0,5 \pm 0,05$	$0,5 \pm 0,05$
Расстояние от источника до чувствительной поверхности детектора, м	$1,0 \pm 0,005$	$1,0 \pm 0,005$

- 1.3.7** Нестабильность показаний БДН за время непрерывной работы 8 ч, не более 5 %

- 1.3.8** Пределы допускаемой дополнительной относительной погрешности измерений МЭД нейтронного излучения:
- при изменении температуры окружающего воздуха от нормальной до минус 20 °С и от нормальной до плюс 50 °С ± 10 %;
 - при относительной влажности окружающего воздуха 95 % при 35 °С ± 10 %;
 - при изменении напряжения питания от номинального до крайних значений ± 10 %;
 - при воздействии магнитного поля напряженностью 400 А/м ± 10 %;
 - при воздействии радиочастотных электромагнитных полей ± 10 %
- 1.3.9** Обмен информацией с БДОИ или ПК USB или RS-485 интерфейс.
- 1.3.10** БДН в режиме связи с ПК или БДОИ обеспечивает:
- 1) считывание из БДН:
 - результатов измерения;
 - значений пороговых уровней сигнализации для режима МЭД;
 - значения коэффициента **n** для режима поиска;
 - номер БДН;
 - состояние звуковой сигнализации (включена/отключена);
 - 2) запись в БДН:
 - значений пороговых уровней по МЭД;
 - значение коэффициента **n** для режима поиска;
 - команды запуска начала измерения (сброс статистики);
 - команды на включение/отключение звуковой сигнализации
- 1.3.11** Время установления рабочего режима 180 с
- 1.3.12** Напряжение питания БДН:
- от БДОИ;
 - от внешнего источника питания (USB разъема ПК) 5,0 (минус 0,1; + 0,7) В
- 1.3.13** Степень защиты корпуса БДН IP65
- 1.3.14** БДН устойчив к воздействию:
- температуры окружающего воздуха от минус 20 до 50 °С;
 - относительной влажности окружающего воздуха до 95 % при 35 °С;
 - атмосферного давления от 84 до 106,7 кПа
- 1.3.15** БДН прочен к воздействию:
- синусоидальной вибрации в диапазоне частот от 5 до 500 Гц и амплитудой смещения для частот ниже частоты перехода 0,075 мм;
 - ударам с пиковым ускорением 100 м/с², длительностью ударного импульса 2-50 мс, частотой следования 60-180 ударов в минуту
- 1.3.16** БДН прочен к падению с высоты 0,7 м на бетонный пол

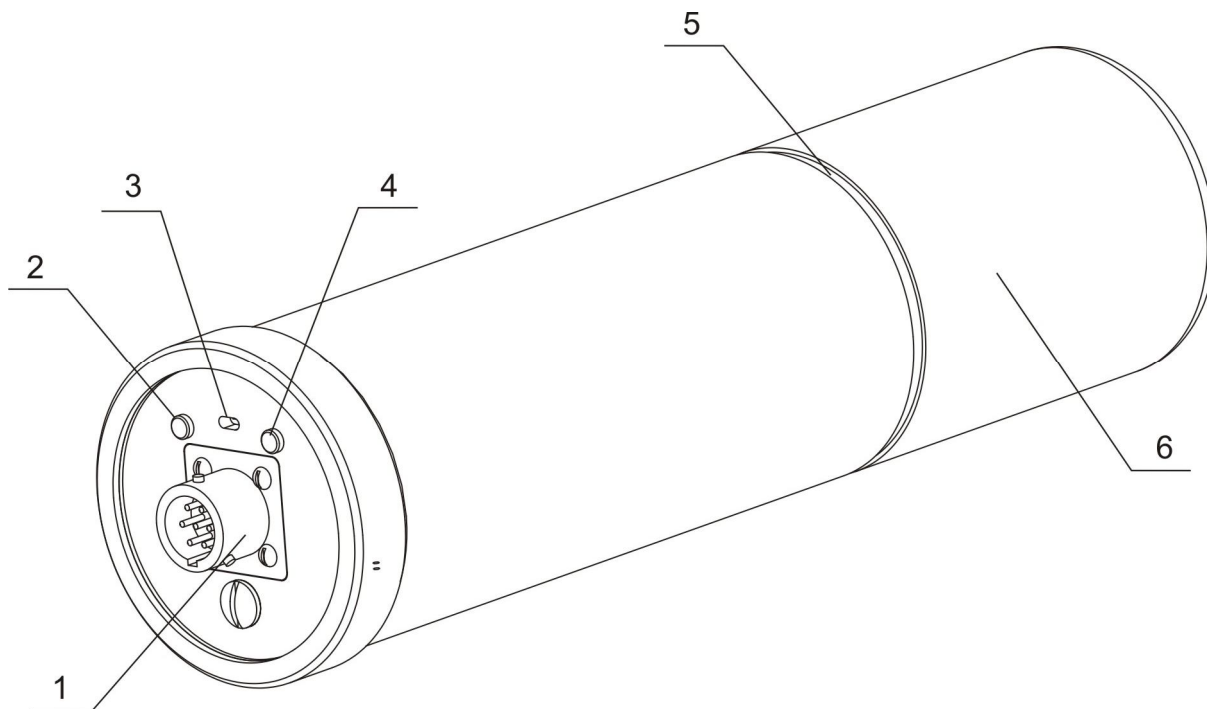
- 1.3.17** БДН по электромагнитной совместимости соответствует СТБ ИЕС 61000-6-2-2011, СТБ МЭК 61000-6-3-2005, СТБ ГОСТ Р 51522-2001:
- БДН устойчив к воздействию магнитных полей промышленной частоты напряженностью 400 А/м, критерий качества функционирования А;
 - БДН устойчив к воздействию радиочастотных электромагнитных полей, испытательный уровень 4 (30 В/м) в диапазоне частот от 80 до 1000 МГц и в диапазонах частот от 800 до 960 МГц и от 1,4 до 2,5 ГГц (в условиях помехоэмиссии от цифровых радиотелефонов), критерий качества функционирования А;
 - БДН устойчив к воздействию электростатических разрядов испытательный уровень 3 (воздушный разряд напряжением 8 кВ, контактный разряд напряжением 6 кВ), критерий качества функционирования В;
 - БДН устойчив к воздействию кондуктивных помех, наведенных радиочастотными электромагнитными полями, испытательный уровень 3, критерий качества функционирования А;
 - БДН по уровню излучаемых радиопомех соответствует требованиям СТБ ЕН 55022-2006 (класс В)
- 1.3.18** Масса БДН, не более 0,65 кг;
 Масса БДН в упаковке, не более 0,9 кг
- 1.3.19** Габаритные размеры БДН, не более 233 x 63 мм.
- 1.3.20** Показатели надежности:
- средняя наработка БДН на отказ, не менее 20000 ч;
 - средний срок службы, не менее 10 лет;
 - среднее время восстановления, не более 60 мин

Примечание – Дополнительную информацию о БДН-PM1403 можно получить у производителя по запросу или на www.polimaster.ru

1.4 Устройство и принцип работы БДН

1.4.1 Конструкция БДН

Внешний вид БДН приведен на рисунке 1.1.



- 1 – разъем для подключения кабеля;
- 2 – светодиодный индикатор "РЕЖИМ";
- 3 – звуковая сигнализация;
- 4 – светодиодный индикатор "ТРЕВОГА";
- 5 – геометрический центр детектора отмечен кольцом на боковой стороне БДН и знаком "x" – на торцевой;
- 6 – корпус БДН.

Рисунок 1.1 – Внешний вид БДН-PM1403

Габаритные размеры, направление градуировки и геометрический центр ("x") БДН показаны на рисунке 1.2.

БДН выполнен в герметичном корпусе. На нижней торцевой части БДН расположен разъем (1) для подключения кабеля к ПК или БДОИ, звуковая сигнализация (3) и светодиодные индикаторы световой (визуальной) сигнализации "РЕЖИМ" (2) и "ТРЕВОГА" (4).

На передней торцевой части БДН расположен шильдик, содержащий информацию о БДН (1.5).

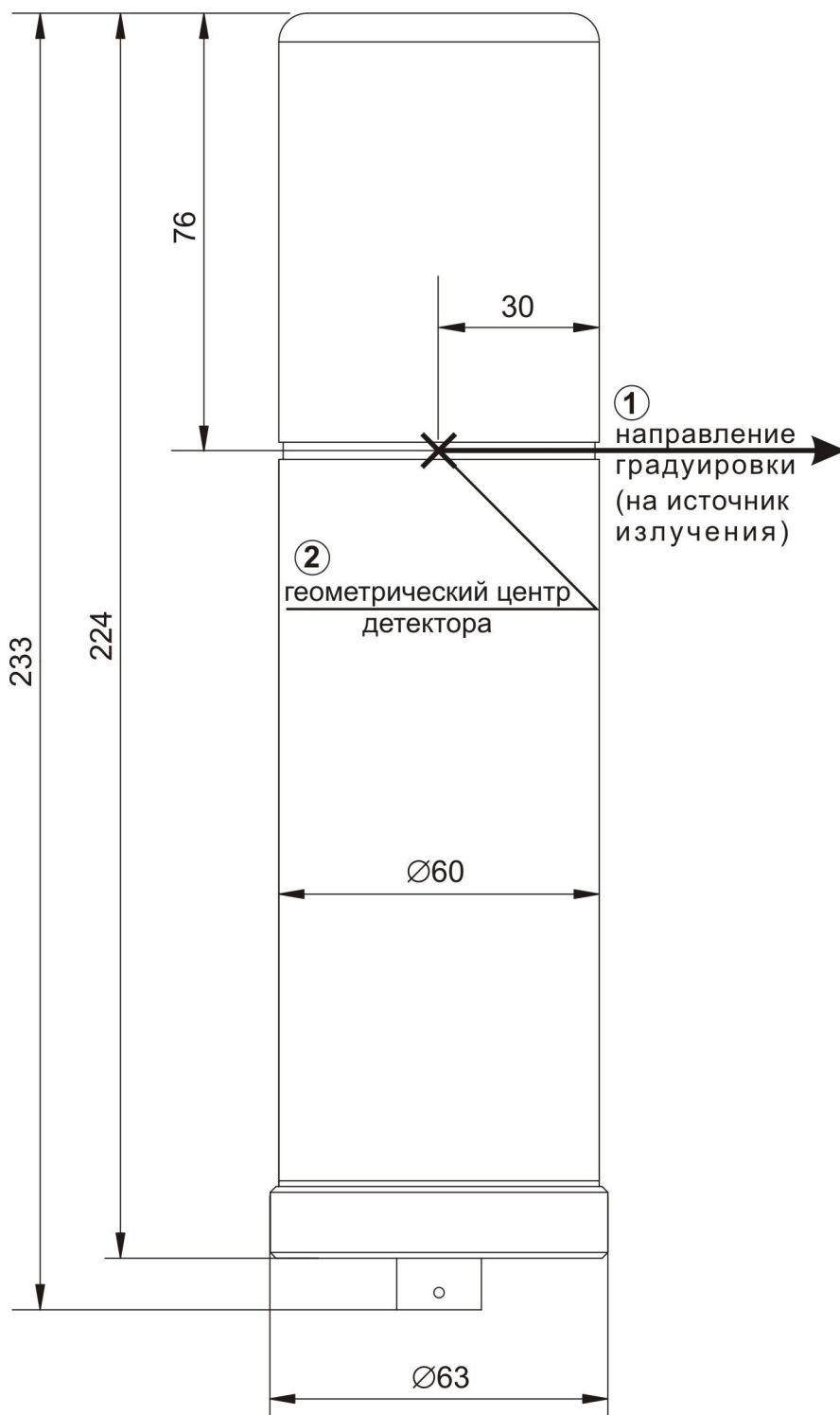


Рисунок 1.2 – Габаритные размеры, расположение геометрического центра детектора БДН, направление градуировки

1.4.2 Принцип действия

Измерение МЭД нейтронного излучения осуществляется с помощью нейтронного счетчика, расположенного в полиамидном замедлителе и преобразующего нейтронное излучение в электрические импульсы.

Обработку импульсов детектора, управление звуковой и световой сигнализацией осуществляет встроенный микроконтроллер БДН.

Алгоритм работы БДН обеспечивает непрерывность процесса измерений, статистическую обработку результатов измерений, быструю адаптацию к изменению интенсивности излучения (установление времени измерений в обратной зависимости от интенсивности излучения).

Для обмена информацией с ПК предусмотрен канал передачи данных (USB и RS-485). Питание БДН осуществляется от блока детектирования и обработки информации БДОИ или от USB разъема ПК.

1.5 Маркировка БДН

На корпусе БДН нанесены:

- обозначение блока – БДН-PM1403;
- наименование изготовителя;
- товарный знак изготовителя;
- серийный (порядковый) номер;
- год выпуска;
- степень защиты IP65;
- знак Государственного реестра.

1.6 Упаковка

БДН упакован в полиэтиленовый пакет и вместе с эксплуатационной документацией и комплектом поставки помещен в картонную коробку.

2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

2.1 Подготовка БДН к использованию

2.1.1 Общие указания

2.1.1.1 Перед началом работы с БДН необходимо изучить все разделы настоящего РЭ и БДОИ, если предполагается использование БДН совместно с БДОИ.

Рисунки, которые приведены по тексту, отражают информацию на ЖКИ БДОИ и поясняют работу БДН совместно с БДОИ.

Информация о версии микропроцессорного ПО БДН приведена в разделе "О программе..." РЭ на БДОИ.

Порядок изменения значений порогов срабатывания сигнализации по МЭД приведен в разделе "Настройки прибора" РЭ на БДОИ.

2.1.1.2 При покупке БДН необходимо проверить комплектность, согласно 1.2.1.

При эксплуатации оберегать БДН от ударов и механических повреждений, воздействия агрессивных сред, органических растворителей, источников открытого огня.

2.1.2 Меры безопасности

2.1.2.1 Все работы по настройке, проверке, ремонту, техническому обслуживанию и поверке БДН, связанные с использованием радиоактивных источников, необходимо проводить в соответствии с требованиями действующих санитарных правил обеспечения радиационной безопасности.

2.1.2.2 Дополнительные меры безопасности

В случае радиоактивной загрязненности необходимо удалить радиоактивные вещества с поверхностей детектора с помощью ткани, смоченной этиловым спиртом (ГОСТ 18300-87). Расход спирта на дезактивацию БДН составляет 70 мл.

2.1.3 Включение/выключение БДН

Блок детектирования БДН должен подключаться к БДОИ (2.1.3.1) или к ПК (2.1.3.2) по интерфейсу RS-485 или USB.

2.1.3.1 БДН подключить к БДОИ с помощью кабеля RS-485 (1,5 м). Включить БДОИ.

Для включения/выключения БДОИ необходимо нажать кнопку ON/OFF (рисунок 2.1, позиция 11). При этом загорается зеленый светодиод "ВАТ" (рисунок 2.1, позиция 3).

При включении БДОИ напряжение автоматически подается на БДН, при этом включается светодиодный индикатор на корпусе БДН (рисунок 1.1, позиция 2).



Внешний вид клавиатуры БДОИ и функциональное назначение кнопок приведены на рисунке 2.2.





- 1 – сигнализатор звуковой – предназначен для выдачи звукового сигнала при превышении установленных пороговых уровней МЭД, ЭД;
- 2 – светодиод "ALARM";
- 3 – светодиод "BAT";
- 4 – GPS приемник;
- 5 – цветной жидкокристаллический дисплей с диагональю 3,5" (89 мм);
- 6 – кнопки клавиатуры;
- 7 – антенна Wi-Fi;
- 8 – крепление для съемной клипсы, кронштейна;
- 9 – антенна GPRS, GSM;
- 10 – кнопка RESET – перезапуск операционной системы БДОИ;
- 11 – кнопка ON/OFF – аппаратное включение/выключение БДОИ;
- 12 – батарейный отсек;
- 13 – разъем для подключения внешних блоков детектирования (RS485 интерфейс);
- 14 – разъем для подключения ПК и для заряда аккумуляторных батарей (USB интерфейс).
- 15 – крепление для съемной клипсы, кронштейна

Рисунок 2.1 – Внешний вид БДОИ







1, 2 –  ,  (<<,>>) – быстрый переход к крайним пунктам меню или параметрам;

3 –  (МЕНЮ/ВЫБОР) – вход в выбранный режим работы БДОИ или выделенный параметр МЕНЮ;

4 –  (РЕЖИМ/НАЗАД/ОК) – вызов списка режимов работы БДОИ. Выход или возврат в предыдущий режим работы или параметр.

Кнопки навигационного джойстика:

5 –  (ВВЕРХ), 6 –  (ВНИЗ) – вертикальное перемещение курсора по строкам меню;

7 –  (ВЛЕВО), 8 –  (ВПРАВО) – горизонтальное перемещение курсора;


9 –  (ВВОД) – нажатие этой кнопки означает команду ВЫПОЛНИТЬ и осуществляет переход к определенной программе или параметру.

Рисунок 2.2 – Внешний вид и функциональное назначение кнопок клавиатуры БДОИ

После окончания тестирования и калибровки на ЖКИ БДОИ индицируется подключенный внешний детектор БДН в строке "Нейтронный детектор [БДН]", рисунок 2.3.

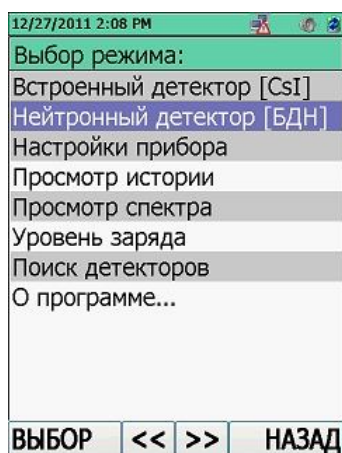


Рисунок 2.3

БДН включен и готов к работе.

БДН выключается после выключения БДОИ. Для выключения БДОИ нажать кнопку ON/OFF и наблюдать пока БДН не выключится. Отсоединить БДН от БДОИ.

2.1.3.2 Подключить БДН с помощью USB кабеля к USB порту включенного ПК.

Запустить выполнение пользовательской программы. Включить БДН в режим регистрации нейтронного излучения. Сбросить статистику и примерно через 600 с, считать показания числа зарегистрированных нейтронов. При нормальном нейтронном фоне за это время БДН должен зарегистрировать не менее двух нейтронов.

2.1.4 Контроль работоспособности БДН

Включить БДН, как указано в 2.1.3, перейти в режим регистрации нейтронного излучения (см. 2.2). Сбросить статистику и примерно через 600 с считать показания числа зарегистрированных нейтронов. При нормальном нейтронном фоне за это время БДН должен зарегистрировать не менее двух нейтронов.

Проверить возможность включения каждого режима работы БДН в соответствии с 2.2.3. При контроле работоспособности БДН светодиодный индикатор "РЕЖИМ" не должен светиться желтым цветом. При нормальном функционировании индикатор светится зеленым цветом.

Выключить БДН как указано в 2.1.3.

2.2 Использование БДН

2.2.1 Выбор режима работы БДН

Работа с БДН возможна в режимах:

- поиск источников нейтронного излучения (2.2.2);
- измерение МЭД нейтронного излучения (2.2.3);
- регистрация нейтронного излучения (2.2.4);
- программирование режимов работы с помощью БДОИ или ПК (2.2.5).

Выбор строки осуществляется с помощью курсорных клавиш БДОИ в последовательности: Режим поиск → Режим измерения → Регистрация нейтронов. Переход в режим работы – с помощью кнопки ВЫБОР, рисунок 2.4.

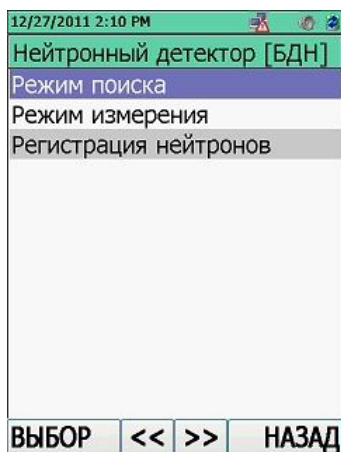


Рисунок 2.4

2.2.2 Работа в режиме "Поиск"

БДН с БДОИ может использоваться для поиска источников нейтронного излучения. При выборе строки "Режим поиска", (рисунок 2.4) БДН переходит в режим тестирования, на дисплее БДОИ появляется возрастающая линейная шкала. После окончания тестирования БДН переходит в режим калибровки (рисунок 2.5). После окончания калибровки по уровню внешнего фона нейтронного излучения БДН переходит в режим поиска источников нейтронного излучения.

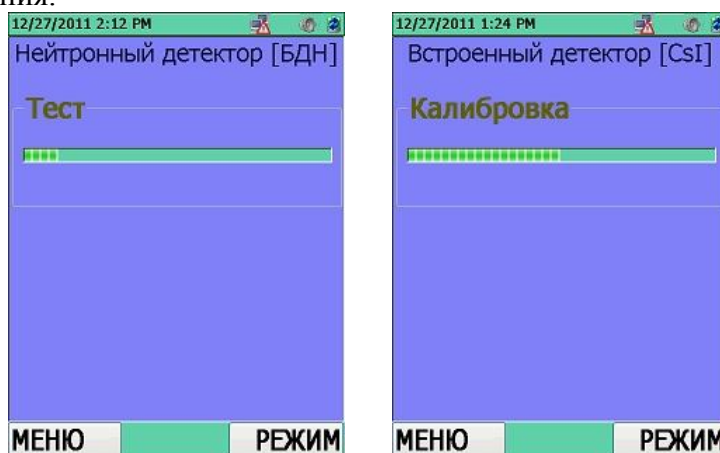


Рисунок 2.5

В режиме поиска рассчитывается текущее значение средней скорости счета импульсов, поступающих с БДН, и индицируется на дисплее в имп/с в верхней строке, а в нижней строке – измеренная МЭД по нейтронному каналу (мкЗв/ч) (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6

На ЖКИ напротив показаний скорости счета индицируется относительная среднеквадратическая погрешность среднего значения показаний скорости счета в процентах (далее статистическая погрешность). При превышении диапазона скорости счета (для БДН этот предел составляет 4000 имп/с) на ЖКИ индицируется надпись "OVL".

В режиме поиска одновременно проводится измерение МЭД нейтронного излучения по Pu- α -Be источнику.

В нижней строке напротив показаний МЭД, индицируется статистическая погрешность МЭД в процентах (вычисляется по формуле 2.1). При превышении диапазона измерения МЭД на дисплее индицируется надпись "OVL".

Текущее значение скорости счета сравнивается с порогом срабатывания, рассчитанным в режиме калибровки. Если текущее значение скорости счета превышает пороговое значение, то включается сигнализация (звуковая и световая). Частота следования звуковых сигналов возрастает с увеличением превышения скорости счета над пороговым значением, т.е. по мере приближения к источнику нейтронного излучения.

Порог срабатывания можно изменить путем установки нового значения коэффициента n по нейтронному каналу.

В режиме поиска источников нейтронного излучения можно осуществить (рисунок 2.7):

- запуск начала измерения скорости счета и МЭД (необходимо при помощи кнопки РЕЖИМ выбрать строку "Сброс статистики", при этом текущее значение скорости счета и МЭД должно обнулиться и измерение начнется сначала);

- сохранить результат измерения в памяти БДОИ (необходимо при помощи кнопки РЕЖИМ выбрать строку "Сохранить в историю");

- включить или отключить звуковую сигнализацию – "Звук Вкл./Выкл. ";

- выполнить калибровку БДН по уровню фона нейтронного излучения. При выборе строки "Калибровка" происходит перекалибровка БДН. Предварительно на ЖКИ может появиться сообщение, предупреждающее о том, что процесс калибровки может занять некоторое время. В этом случае пользователь должен принять решение о продолжении процесса калибровки или его отмене, рисунок 2.8. После окончания перекалибровки БДН автоматически входит в режим поиска;

- установить порог обнаружения (ввести коэффициент n в диапазоне значений от 2,0 до 9,9);

- установить пороги в закладке "Пороги" (два порога) сигнализации по МЭД;

- передачу в NPNET – по команде пользователя на Web-сервер будут переданы **текущие скорость счета и измеренное значение МЭД**, текущее время/дата и географические координаты (широта/долгота) местоположения прибора.

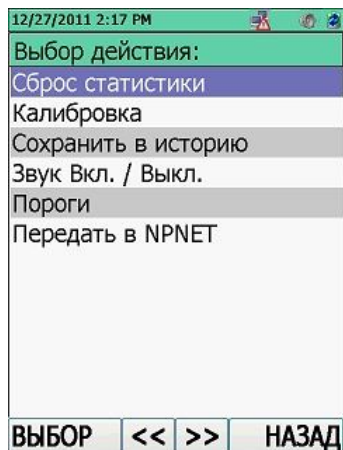


Рисунок 2.7

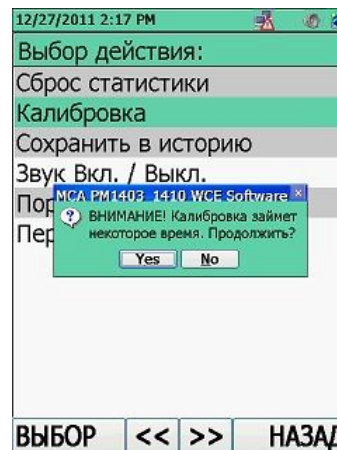


Рисунок 2.8

Поисковый порог срабатывания нейтронного излучения рассчитывается по формуле

$$\Pi = (N_{\phi} * T_c + n * \sigma), \quad (2.1)$$

$$\sigma = \sqrt{N_{\phi} \cdot T_c}, \quad (2.2)$$

где Π – порог срабатывания звуковой и световой сигнализации;

N_{ϕ} – средняя скорость счета БДН за время калибровки, c^{-1} ;

T_c – время счета в режиме поиска, с;

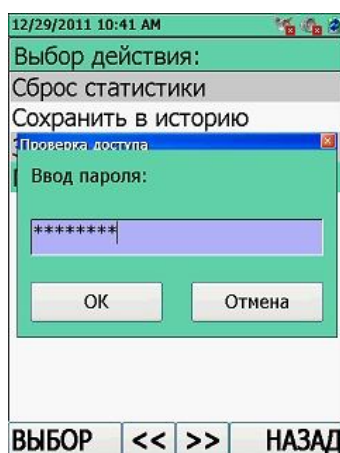
σ – среднеквадратичное отклонение величины, рассчитываемое по формуле (2.2)

для Пуассоновского распределения числа импульсов;

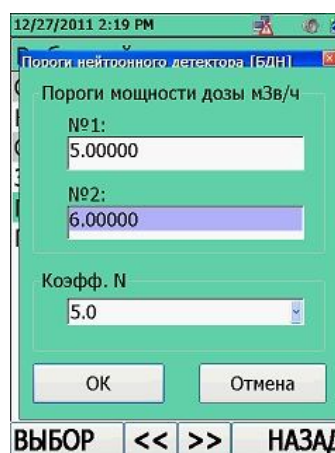
n – установленный коэффициент.

Коэффициент n изменяет значение порога срабатывания, формула (2.1). Очевидно, что чем меньше значение коэффициента n , тем меньше значение порога и тем выше чувствительность БДН в режиме поиска. Однако при этом возрастает вероятность ложных срабатываний БДН.

Для установки порогов сигнализации по МЭД следует выбрать строку "Пороги" и нажать кнопку ВЫБОР. Появится окно с запросом ввести пароль, рисунок 2.9 (1). С помощью кнопки ВВОД и кнопок навигации ввести пароль, нажать кнопку ВЫБОР. Затем с помощью кнопок навигации выбрать "ОК" и нажать центральную кнопку ВВОД. После этого пользователь получит доступ к установке или просмотру коэффициентов по МЭД, рисунок 2.9 (2);



1)



2)

Рисунок 2.9

Пороги срабатывания можно изменить путем установки новых значений коэффициентов. Более подробно описано в разделе "Настройки прибора" РЭ на БДОИ.

2.2.3 Работа в режиме измерения МЭД

2.2.3.1 Измерение МЭД нейтронного излучения

При измерении МЭД нейтронного излучения, на ЖКИ БДОИ индицируются непрерывно измеряемые значения МЭД нейтронного излучения в мкЗв/ч, статистическая погрешность измеренной МЭД в процентах с вероятностью 0,95 (рисунок 2.10).



Рисунок 2.10

При достижении статистической погрешности 30 % и менее можно считывать значение МЭД.

Внимание! Необходимо помнить, что чем меньше статистическая погрешность, тем с большей достоверностью может быть получен результат измерения.

В режиме измерения МЭД можно осуществить (рисунок 2.11):

- запуск начала измерения МЭД (необходимо нажав кнопку РЕЖИМ выбрать строку "Сброс статистики", при этом текущее значение МЭД должно обнулиться и измерение начнется сначала);
- сохранение результата измерения в памяти БДОИ (необходимо нажав кнопку РЕЖИМ выбрать строку "Сохранить в историю";
- включение или отключение звуковой сигнализации – "Звук Вкл./Выкл. ";
- установку порогов (два порога) сигнализации по МЭД – "Пороги";
- передачу в NPNET – по команде пользователя на Web-сервер будут переданы **текущие скорость счета и измеренное значение МЭД**, текущее время/дата и географические координаты (широта/долгота) местоположения прибора.

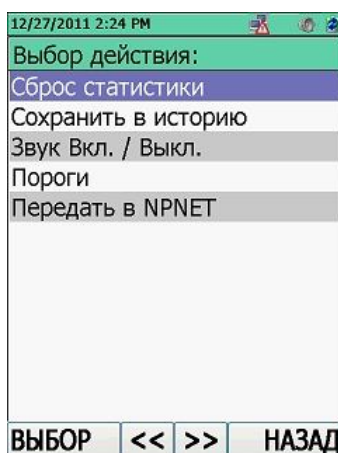


Рисунок 2.11

БДН контролирует превышение двух установленных порогов сигнализации по МЭД. При превышении порогов (порога 1 или порога 2) по МЭД на экране БДОИ индицируется значение МЭД на красном мигающем фоне, БДН включает установленные звуковую (прерывистый сигнал для порога 1 и частый прерывистый сигнал для порога 2), световую сигнализации (красный светодиод). Сигналы подаются до тех пор, пока измеряемая МЭД превышает порог. При нажатии на любую кнопку БДОИ сигнализация превышения порогов выключается. Повторное включение сигнализации происходит после снижения уровня МЭД ниже одного из порогов и повторного превышения порога 1 или порога 2.

Если при работе БДН в режиме измерения значение МЭД превысит верхний предел, на ЖКИ индицируется сообщение "OVL".

В режиме измерения МЭД можно сохранить значение МЭД в памяти БДОИ, отключить звуковую сигнализацию, а также изменить значения установленных порогов срабатывания сигнализации по МЭД (раздел 11.3 "Настройки прибора" в РЭ на БДОИ).

Примечание – Как дозиметр нейтронного излучения БДН калиброван только по Pu- α -Be источнику, поэтому его показания при измерении МЭД нейтронного излучения других энергий могут отличаться от значений МЭД, измеряемых другими дозиметрами, что не является признаком неисправности БДН.

2.2.4 Работа в режиме регистрации нейтронного излучения

В этот режим БДН входит из *меню* при выборе режима "Регистрация нейтронов". Сразу после включения БДН начинается накопление (регистрация) нейтронов и отсчет времени накопления.



Рисунок 2.12

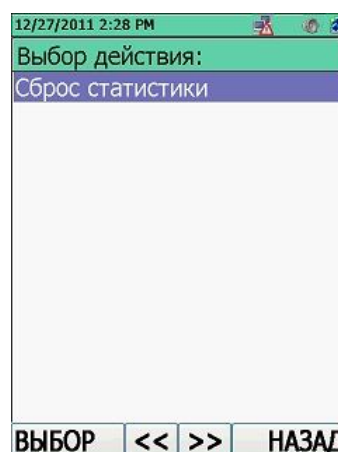


Рисунок 2.13

Для нового запуска накопления (регистрации) нейтронов и времени накопления необходимо выбрать РЕЖИМ, затем выбрать строку "Сброс статистики" - при этом текущее значение зарегистрированных нейтронов и время регистрации должны обнулиться и регистрация начнется сначала.

Режим удобно использовать при малых интенсивностях нейтронного излучения.

Внимание! При выключении звуковой сигнализации работает световая сигнализация.

2.2.5 Программирование режимов работы с помощью БДОИ или ПК

БДН в режиме программирования позволяет при помощи БДОИ или ПК производить запуск начала измерения скорости счета и МЭД; сохранение результатов измерения в память БДОИ, включение или отключение звуковой сигнализации, калибровку БДН по уровню фона нейтронного излучения, установку порогов обнаружения и сигнализации (2.2.2, 2.2.3, 2.2.4).

2.2.6 Использование БДН с ПК

2.2.6.1 БДН осуществляет обмен информацией с ПК, работающим под управлением WINDOWS. Порядок работы в режиме связи с ПК по интерфейсам USB или RS-485 описан в файле Help используемой программы. Для работы БДН в режиме связи с ПК необходимо:

- установить на ПК пользовательскую программу (ПП), поставляемую на CD диске;
- подключить БДН с помощью USB кабеля к ПК;
- запустить выполнение ПП;
- управление БДН переходит к ПК.

Работа с ПП описана в комментариях к действиям.

3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

3.1 Техническое обслуживание БДН проводят с целью поддержания его в постоянной исправности и для надежной работы в течение длительного периода эксплуатации.

3.2 Техническое обслуживание БДН заключается в проведении профилактических работ и периодическом контроле работоспособности, согласно 2.1.4.

3.3 Профилактические работы включают в себя внешний осмотр, удаление пыли, грязи и проведение дезактивации в случае попадания радиоактивных загрязнений на корпус БДН. Дезактивация проводится путем протирания корпуса мягкой тканью, смоченной этиловым спиртом (ГОСТ 18300-87).

4 ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ

4.1 Перечень возможных неисправностей БДН и способы их устранения приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Характерные неисправности	Возможные причины	Способы устранения
1 При подключении к ПК или БДОИ не горит светодиод "РЕЖИМ" зеленого цвета	Неисправность кабеля Выключен БДОИ или ПК	Заменить кабель Включить БДОИ или ПК
2 Не работает сигнализатор звуковой	- Отключен звук - Неисправность сигнализатора	- Включить звук в режиме обмена с ПК или БДОИ; - Устраняется изготовителем
3 Горит светодиод "РЕЖИМ" желтого цвета	Неисправность блока детектирования	Устраняется изготовителем

5 МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

5.1 Вводная часть

5.1.1 Настоящая методика поверки устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки дозиметра-радиометра МКС-РМ1403 (далее прибор) и соответствует Методическим указаниям МИ 1788 "Приборы дозиметрические для измерения экспозиционной дозы и мощности экспозиционной дозы, поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы в воздухе фотонного излучения. Методика поверки", ГОСТ 8.040-84 "Радиометры загрязненности поверхностей бета- активными веществами. Методика поверки", ГОСТ 8.041-84 "Радиометры загрязненности поверхностей альфа- активными веществами", ГОСТ 8.355-79 "Радиометры нейтронов. Методы и средства поверки", а также рекомендациям МИ 2513-99 "Радиометры нейтронов. Методика поверки на установке типа УКПН (КИС НРД МБм)".

5.1.2 Первичной поверке подлежат приборы, выпускаемые из производства или выходящие из ремонта, вызванного несоответствием метрологических характеристик требованиям технических условий.

Периодической поверке подлежат приборы, находящиеся в эксплуатации.

5.1.3 Поверка приборов должна проводиться органами метрологической службы Госстандарта или органами, аккредитованными на проведение данных работ.

Периодичность поверки приборов, находящихся в эксплуатации – 12 мес.

5.2 Операции поверки

5.2.1 При проведении поверки должны быть проведены операции, указанные в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	5.8.1	Да	Да
Опробование	5.8.2	Да	Да
Определение метрологических характеристик: - определение допускаемой основной относительной погрешности измерения МЭД $\dot{N}^*(10)$ фотонного излучения;	5.8.3.1, 5.8.3.3, 5.8.3.5	Да Да Да	Да Да Да
- определение допускаемой основной относительной погрешности измерения МЭД нейтронного излучения;	5.8.3.7	Да	Да
- определение допускаемой основной относительной погрешности измерения ЭД $N^*(10)$ фотонного излучения;	5.8.3.6	Да	Да
- определение относительного энергетического разрешения в режиме накопления сцинтилляционных спектров;	5.8.3.2, 5.8.3.4	Да Да	Да Да
- определение основной относительной погрешности измерения плотности потока альфа- излучения;	5.8.3.8	Да	Да
- определение основной относительной погрешности измерения плотности потока бета-излучения	5.8.3.9	Да	Да

5.3 Средства поверки

При проведении поверки должны применяться средства поверки с характеристиками, указанными в таблице 5.2.

Таблица 5.2

Наименование эталонных и вспомогательных средств поверки	Основные метрологические и технические характеристики	Номер пункта методики при	
		первичной поверке	периодической поверке
Эталонная поверочная дозиметрическая установка по ГОСТ 8.087-2000 с набором источников ^{137}Cs	Диапазон измерения МЭД от 0,1 мкЗв/ч до 10 Зв/ч. Погрешность аттестации установки не более $\pm 6\%$	5.8.3.1, 5.8.3.3, 5.8.3.5, 5.8.3.6	5.8.3.1, 5.8.3.3, 5.8.3.5, 5.8.3.6
Эталонные источники альфа-излучения с радионуклидом ^{239}Pu одного из типов 4П9, 5П9, 6П9 с рабочей поверхностью площадью 40, 100 и 160 см ² соответственно	Плотность потока от 10 до $5 \cdot 10^5$ мин ⁻¹ ·см ⁻² . Погрешность аттестации эталонных источников не более 6 %	5.8.3.8	5.8.3.8
Эталонные источники бета-излучения с радионуклидом $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ одного из типов 4СО, 5СО, 6СО с рабочей поверхностью площадью 40, 100 и 160 см ² соответственно	Плотность потока от 10 до 10^6 мин ⁻¹ ·см ⁻² . Погрешность аттестации эталонных источников не более 6 %	5.8.3.9	5.8.3.9
Установка поверочная нейтронного излучения по ГОСТ 8.521-84 с комплектом образцовых нейтронных Pu- α -Be радионуклидных источников I-го разряда, создающая коллимированное поле нейтронов	Аттестованная по МЭД нейтронного излучения в диапазоне от $5 \cdot 10^{-10}$ до 10^{-6} Sv/s. Погрешность аттестации эталонных источников не более 9 %	5.8.3.7	5.8.3.7
Эталонные спектрометрические гамма- источники ОСГИ 3-2 (^{137}Cs , ^{57}Co)	Погрешность аттестации эталонных источников не более 4 %	5.8.3.2, 5.8.3.4	5.8.3.2, 5.8.3.4
Термометр	Цена деления 1° С. Диапазон измерения температуры от 10 до 40 °С	5.6.1	5.6.1
Барометр	Цена деления 1 кПа. Диапазон измерения атмосферного давления от 60 до 120 кПа. Основная погрешность не более 0,2 кПа	5.6.1	5.6.1
Измеритель влажности	Диапазон измерения относительной влажности воздуха от 30 до 90 %. Погрешность измерения не более $\pm 5\%$	5.6.1	5.6.1
Дозиметр гамма- излучения	Диапазон измерения МЭД внешнего гамма- фона от 0,1 до 10 мкЗв/ч. Допускаемая основная относительная погрешность измерения не более $\pm 20\%$	5.6.1	5.6.1

5.4 Требования к квалификации поверителей

5.4.1 К проведению измерений при поверке и (или) обработке результатов измерений допускают лиц, аттестованных в качестве государственных поверителей в установленном порядке.

5.5 Требования безопасности

5.5.1 По степени защиты от поражения электрическим током прибор соответствует оборудованию класса III ГОСТ 12.2.091-2002.

5.5.2 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности в соответствии с СанПиН 2.6.1.8-8-2002 "Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСП-2002)" и ГН 2.6.1.8-127-2000 "Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000)".

5.5.3 Процесс поверки должен быть отнесен к работе с особо вредными условиями труда.

5.6 Условия поверки

5.6.1 Поверку необходимо проводить в нормальных климатических условиях:

- температура окружающей среды (20 ± 5) °С
- относительная влажность воздуха 60 (+20;- 30) %
- атмосферное давление 101,3 (+5,4; -15,3) кПа
- внешнее фоновое гамма- излучение не более 0,2 мкЗв/ч.

5.7 Подготовка к поверке

5.7.1 Поверка прибора осуществляется при полностью заряженных встроенных аккумуляторах.

5.7.2 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- изучить паспорт на прибор и РЭ на блок детектирования и обработки информации (БДОИ), на блок детектирования гамма- излучения (БДГ1), на блок детектирования гамма-излучения (БДГ2), на блок детектирования нейтронного излучения (БДН) и на блок детектирования альфа- бета- излучений (БДАБ);

- подготовить прибор к работе, как указано в разделах "Подготовка к использованию" РЭ на соответствующий блок детектирования;

- подготовить средства измерений и вспомогательное оборудование к поверке в соответствии с их технической документацией.

5.8 Проведение поверки

5.8.1 Внешний осмотр

5.8.1.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие приборов следующим требованиям:

- соответствие комплектности поверяемого прибора требованиям паспорта;
- наличия в паспорте на прибор отметки о первичной поверке или свидетельства о последней поверке;
- наличие четких маркировочных надписей на блоках детектирования;
- отсутствие загрязнений, механических повреждений, влияющих на работу блоков детектирования.

5.8.2 Опробование

5.8.2.1 При проведении опробования БДОИ необходимо выполнить следующие операции:

- проверить работоспособность БДОИ, как указано в разделе "Контроль работоспособности" РЭ на БДОИ;
- установить максимальные значения порогов по МЭД согласно разделу "Работа в режиме установки" РЭ на БДОИ.

5.8.2.2 При проведении опробования БДГ1 необходимо выполнить следующие операции:

- подключить БДГ1 к БДОИ или к ПК;
- включить БДОИ или ПК и проверить работоспособность БДГ1, как указано в разделе "Контроль работоспособности" РЭ на БДГ1;
- установить максимальные значения порогов по МЭД согласно разделу "Работа в режиме установки" РЭ на БДГ1.

5.8.2.3 При проведении опробования БДГ2 необходимо выполнить следующие операции:

- подключить БДГ2 к БДОИ или к ПК;
- включить БДОИ или ПК и проверить работоспособность БДГ2, как указано в разделе "Контроль работоспособности" РЭ на БДГ2;
- установить максимальные значения порогов по МЭД согласно разделу "Работа в режиме установки" РЭ на БДГ2.

5.8.2.4 При проведении опробования БДН необходимо выполнить следующие операции:

- подключить БДН к БДОИ или к ПК;
- включить БДОИ или ПК и проверить работоспособность БДН, как указано в разделе "Контроль работоспособности" РЭ на БДН;
- установить максимальные значения порогов по МЭД согласно разделу "Работа в режиме установки" РЭ на БДН.

5.8.2.5 При проведении опробования БДАБ необходимо выполнить следующие операции:

- подключить БДАБ к БДОИ или к ПК;
- включить БДОИ или ПК и проверить работоспособность БДАБ, как указано в разделе "Контроль работоспособности" РЭ на БДАБ.

5.8.3 Определение метрологических характеристик

5.8.3.1 Определение допускаемой основной относительной погрешности измерения МЭД фотонного излучения БДОИ провести следующим образом:

- 1) включить БДОИ и установить максимальные значения порогов по МЭД;
- 2) выключить БДОИ;
- 3) установить БДОИ на поверочную дозиметрическую установку с источником гамма-излучения ^{137}Cs так, чтобы задняя сторона БДОИ была обращена к источнику излучения, ось потока излучения проходила через геометрический центр детектора и совпадала с нормалью, проведенной через геометрический центр детектора. Геометрический центр детектора обозначен значком "+" на корпусе БДОИ. Включить БДОИ;

4) при установлении значения статистической погрешности менее 10 % снять пять результатов измерения МЭД внешнего фона гамма-излучения (далее по тексту – гамма-фона) в отсутствие источника излучений. Результаты измерения снимают с интервалом не

менее 60 с и рассчитывают среднее значение МЭД фона \bar{H}_ϕ , по формуле

$$\bar{H}_\phi = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 H_{\phi i}, \quad (5.1)$$

где $H_{\phi i}$ – i-ое показание при измерении МЭД гамма-фона, мкЗв/ч;

5) последовательно установить БДОИ на дозиметрической установке так, чтобы геометрический центр детектора совпал с контрольными точками, в которых эталонное значение МЭД \dot{H}_{oj} , равно 0,8; 8,0; 80,0 мкЗв/ч;

6) при установлении значения статистической погрешности менее 5 % снять пять результатов измерения МЭД гамма- излучения в каждой контрольной точке. Результаты измерения снимают с интервалом не менее 30 с и рассчитывают среднее значение МЭД \bar{H}_j для каждой контрольной точки, по формуле

$$\bar{H}_j = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \dot{H}_{ji}, \quad (5.2)$$

где \dot{H}_{ji} – i-ый результат измерения МЭД гамма- излучения в j-ой проверяемой контрольной точке, мкЗв/ч;

7) вычислить относительную погрешность измерения Q_j , %, по формуле

$$Q_j = \left[\frac{(\bar{H}_j - \bar{H}_\phi) - \dot{H}_{oj}}{\dot{H}_{oj}} \right] \times 100, \quad (5.3)$$

где \bar{H}_j – среднее измеренное значение МЭД в проверяемой контрольной точке, мкЗв/ч;

\bar{H}_ϕ – среднее значение МЭД гамма- фона, рассчитанное по формуле (5.1) мкЗв/ч;

\dot{H}_{oj} – эталонное значение МЭД в проверяемой контрольной точке, мкЗв/ч;

8) рассчитать доверительные границы допускаемой основной относительной погрешности измерения МЭД $\delta_{\text{мэд}}$, %, при доверительной вероятности 0,95 по формуле

$$\delta_{\text{мэд}} = 1.1 \sqrt{(Q_0)^2 + (Q_j)^2}, \quad (5.4)$$

где Q_0 – погрешность эталонной дозиметрической установки, %;

Q_j – относительная погрешность измерения в проверяемой контрольной точке, рассчитанная по формуле (5.3), %.

Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения МЭД для всех проверяемых точек, рассчитанные по формуле (5.4), не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности $\delta_{\text{доп}} = \pm 30\%$.

5.8.3.2 Определение относительного энергетического разрешения при работе БДОИ в режиме накопления сцинтилляционных спектров гамма- излучения провести согласно ГОСТ 26874-86 в следующей последовательности:

1) включить БДОИ и установить режим накопления спектра согласно 11.1.5 РЭ на БДОИ;

2) расположить источники гамма- излучения ^{137}Cs и ^{57}Co активностью $(10^4 - 10^5)$ Бк из набора эталонных спектрометрических гамма- источников типа ОСГИ-3 на таком расстоянии от поверхности сцинтилляционного детектора напротив геометрического центра, чтобы скорость счета при этом была в диапазоне от 150 до 900 имп/с;

3) нажать кнопку ОК и производить набор спектра до тех пор, пока на ЖКИ станет хорошо различим набираемый спектр или в течение не менее 100 с. На ЖКИ должен индексироваться набираемый спектр;

4) прекратить набор спектра, нажимая кнопку МЕНЮ и записать набранный спектр в память прибора, как указано в РЭ на БДОИ, раздел 11.11;

5) скопировать накопленный спектр в ПК. Порядок передачи спектров из прибора в ПК проводят как указано в РЭ на БДОИ, раздел 11.11;

6) порядок работы со спектрами, сохраненными в ПК, описан в файле "Read Me" программы пользователя "Спектр МКС-РМ1403";

7) относительное энергетическое разрешение $\eta_{\text{отн}}$, %, определить по формуле

$$\eta_{\text{отн}} = \frac{\eta_{\text{абс}}}{E} \cdot 100, \quad (5.5)$$

где E – значения энергии пика полного поглощения (ППП) моноэнергетической линии ^{137}Cs , кэВ;

$\eta_{\text{абс}}$ – значение абсолютного энергетического разрешения в кэВ, определяется по формуле

$$\eta_{\text{абс}} = \Delta_n \cdot K, \quad (5.6)$$

где Δ_n – ширина пика полного поглощения моноэнергетической линии ^{137}Cs на его полувывсоте в каналах;

K – значения энергетической ширины канала, кэВ/канал, определяется по формуле

$$K = \frac{E_2 - E_1}{n_{c2} - n_{c1}}, \quad (5.7)$$

где E_2, E_1 – значения энергий, соответствующих ППП ^{137}Cs и ^{57}Co соответственно;

n_{c2}, n_{c1} – номера каналов, соответствующие положениям центроид пиков с энергиями E_1 и E_2 .

Результаты поверки считать положительными, если относительное энергетическое разрешение $\eta_{\text{отн}}$, %, определенное по формуле (5.5) не превышает 7,5 %.

5.8.3.3 Определение допускаемой основной относительной погрешности измерения МЭД фотонного излучения БДГ1 провести следующим образом:

1) подключить БДГ1 к БДОИ;

2) установить БДГ1 на поверочную дозиметрическую установку с источником гамма-излучения ^{137}Cs так, чтобы боковая сторона БДГ1 была обращена к источнику излучения, ось потока излучения проходила через геометрический центр детектора и совпадала с нормалью, проведенной через геометрический центр детектора. Геометрический центр детектора обозначен значком “+” на торцевой стороне корпуса и кольцевой проточкой на боковой стороне корпуса БДГ1. Включить БДОИ. Выбрать режим измерения МЭД блоком детектирования БДГ1;

3) при установлении значения статистической погрешности менее 10 % снять пять результатов измерения МЭД гамма-фона в отсутствии источника излучений. Результаты измерения снять с интервалом не менее 30 с и рассчитать среднее значение МЭД фона \bar{H}_ϕ , по формуле (5.1);

4) последовательно установить БДГ1 на дозиметрической установке так, чтобы геометрический центр детектора совпал с контрольными точками, в которых эталонное значение МЭД \dot{H}_{oj} , равно 0,8; 8,0; 80,0 мкЗв/ч;

5) при установлении значения статистической погрешности менее 5 % снять пять результатов измерения МЭД гамма-излучения в каждой контрольной точке. Результаты измерения снимают с интервалом не менее 10 с и рассчитывают среднее значение МЭД \dot{H}_j для каждой контрольной точки, по формуле (5.2);

6) вычислить относительную погрешность измерения Q_j , %, по формуле (5.3);

7) рассчитать доверительные границы допускаемой основной относительной погрешности измерения МЭД $\delta_{\text{мэД}}$, %, при доверительной вероятности 0,95 по формуле (5.4).

Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения МЭД для всех поверяемых точек, рассчитанные по формуле (5.4), не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности $\delta_{\text{доп}}$, рассчитанных по формуле

$$\delta_{\text{доп}} = \pm(20 + K/\dot{H})\%, \quad (5.8)$$

где K – коэффициент, равный 2,0 мкЗв/ч;

\dot{H} – значение МЭД, мкЗв/ч.

5.8.3.4 Определение относительного энергетического разрешения при работе БДГ1 в режиме накопления сцинтилляционных спектров провести в следующей последовательности:

- 1) подключить БДГ1 к БДОИ;
- 2) включить БДОИ и установить режим накопления спектра согласно РЭ на БДОИ, раздел 11.1.5;
- 3) расположить источники гамма-излучения ^{137}Cs и ^{57}Co активностью ($10^4 - 10^5$) Бк из набора эталонных спектрометрических гамма-источников типа ОСГИ-3 на таком расстоянии от поверхности сцинтилляционного детектора напротив геометрического центра, чтобы скорость счета при этом не превышала 10000 имп/с;
- 4) нажать кнопку СТАРТ и произвести набор спектра до тех пор, пока на ЖКИ не станет хорошо различим набираемый спектр или в течение не менее 100 с. На ЖКИ должен индцироваться набираемый спектр;
- 5) прекратить набор спектра, нажимая кнопку МЕНЮ, и записать набранный спектр в память прибора. Порядок передачи спектров из прибора в ПК проводят в соответствии с РЭ на БДОИ, раздел 11.11;
- 6) порядок работы со спектрами, сохраненными в ПК, описан в файле "Read Me" программы пользователя "Спектр МКС-РМ1403";
- 7) относительное энергетическое разрешение $\eta_{\text{отн}}$, %, определить по формуле (5.5).
Результаты поверки считать положительными, если относительное энергетическое разрешение $\eta_{\text{отн}}$, %, определенное по формуле (5.5) не превышает 8,5 %.

5.8.3.5 Определение допускаемой основной относительной погрешности измерения МЭД фотонного излучения БДГ2 провести следующим образом:

- 1) подключить БДГ2 к БДОИ;
- 2) установить БДГ2 на поверочную дозиметрическую установку с источником гамма-излучения ^{137}Cs так, чтобы боковая сторона БДГ2 была обращена к источнику излучения, ось потока излучения проходила через геометрический центр детектора и совпадала с нормалью, проведенной через геометрический центр детектора. Геометрический центр детектора обозначен значком "+" на торцевой стороне корпуса и кольцевой проточкой на боковой стороне корпуса БДГ2. Выбрать режим измерения МЭД блоком детектирования БДГ2;
- 3) при установлении значения статистической погрешности менее 10 % снять пять результатов измерения МЭД гамма-фона в отсутствии источника излучений. Результаты измерения снять с интервалом не менее 30 с и рассчитать среднее значение МЭД фона \dot{H}_ϕ , по формуле (5.1);
- 4) последовательно установить БДГ2 на дозиметрической установке так, чтобы геометрический центр детектора совпал с контрольными точками, в которых эталонное значение МЭД \dot{H}_{oj} , равно 3,0; 30,0; 300,0 мкЗв/ч, 3,0; 30,0; 300,0 мЗв/ч и 3,0; 8,0 Зв/ч;
- 5) при установлении значения статистической погрешности менее 5 % снять пять результатов измерения МЭД гамма-излучения в каждой контрольной точке. Результаты измерения снять с интервалом не менее 10 с и рассчитать среднее значение МЭД \dot{H}_j для каждой контрольной точки, по формуле (5.2);
- 6) вычислить относительную погрешность измерения Q_j , %, по формуле (5.3);
- 7) рассчитать доверительные границы допускаемой основной относительной погрешности измерения МЭД $\delta_{\text{МЭД}}$, %, при доверительной вероятности 0,95 по формуле (5.4).
Результаты проверки считать положительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения МЭД для всех поверяемых точек, рассчитанные по формуле (5.4), не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности $\delta_{\text{доп}}$, рассчитанных по формуле

$$\delta_{\text{дон}} = \pm(20 + K/\dot{H})\%, \quad (5.9)$$

где K – коэффициент, равный 2,0 мкЗв/ч;

\dot{H} – значение МЭД, мкЗв/ч.

5.8.3.6 Определение допускаемой основной относительной погрешности измерения ЭД фотонного излучения БДГ2 провести следующим образом:

1) подключить БДГ2 к БДОИ. Включить БДОИ, включить режим измерения ЭД и установить максимальные значения порогов по ЭД;

2) установить БДГ2 на дозиметрической установке так, чтобы геометрический центр детектора совпал с контрольной точкой, в которой эталонное значение МЭД

$\dot{H}_{oj} = 8,0$ мкЗв/ч;

3) снять начальное показание ЭД;

4) подвергнуть БДГ2 облучению в течение времени $T = 1,0$ ч;

5) по окончании облучения снять конечное показание ЭД;

6) рассчитать основную относительную погрешность измерения Q_j , %, по формуле

$$Q_j = \left[\frac{(H_{kj} - H_{nj}) - \dot{H}_{oj} \cdot T}{\dot{H}_{oj} \cdot T} \right] \times 100, \quad (5.10)$$

где H_{kj} – конечное значение ЭД;

H_{nj} – начальное значение ЭД;

\dot{H}_{oj} – эталонное значение МЭД в проверяемой точке;

T – время облучения, ч;

7) измерения повторить для контрольных точек, в которых эталонное значение МЭД равно 8,0 мЗв/ч, 800 мЗв/ч;

8) рассчитать доверительные границы допускаемой основной относительной погрешности измерения ЭД, $\delta_{\text{эд}}$, в процентах, при доверительной вероятности 0,95 по формуле

$$\delta_{\text{эд}} = 1.1 \sqrt{(Q_o)^2 + (Q_j)^2}, \quad (5.11)$$

где Q_o – погрешность эталонной дозиметрической установки, %;

Q_j – относительная погрешность измерения ЭД в проверяемой контрольной точке, рассчитанная по формуле (5.10), %.

Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения ЭД для всех проверяемых точек, рассчитанные по формуле (5.11), не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности $\delta_{\text{дон}} = \pm 10$ %.

5.8.3.7 Определение допускаемой основной относительной погрешности измерения МЭД нейтронного излучения провести следующим образом:

1) подключить БДН к БДОИ. Включить БДОИ и включить режим измерения МЭД нейтронного излучения;

2) проверяемый БДН расположить на градуировочной скамье эталонной установки на специальной передвижной каретке так, чтобы положение точки поля нейтронов, для которой рассчитано эталонное значение измеряемого значения МЭД, \dot{H}_{oj} , совпадало с геометрическим центром блока детектирования, а геометрический центр нейтронного детектора БДН совпадал с осью симметрии коллимированного пучка нейтронов, причем продольная ось детектора должна быть перпендикулярна оси симметрии коллимированного пучка нейтронов;

3) последовательно устанавливая передвижную каретку с БДН на эталонной установке так, чтобы геометрический центр детектора совпал с контрольными точками, в

которых эталонное значение \dot{H}_{oj} , равно 3,0; 30,0; 300,0; 1500 и 4000 мкЗв/ч. При установлении значения статистической погрешности менее 5 % снять пять результатов измерения МЭД нейтронного излучения в каждой контрольной точке. Результаты измерения снять с интервалом не менее 30 с и рассчитать среднее значение МЭД \overline{H}_j для каждой контрольной точки, по формуле (5.2);

4) вычислить значение показаний прибора, обусловленное прямым излучением, по формуле

$$\overline{H}_{ijB} = \overline{H}_{ij} \cdot B_R, \quad (5.12)$$

где B_R – коэффициент, учитывающий вклад рассеянного нейтронного излучения в показания прибора (коэффициент определяется при поверке установки);

5) вычислить погрешность измерения Q_j , по формуле

$$Q_j = \frac{\overline{H}_{ijB} - \dot{H}_{oj}}{\dot{H}_{oj}}; \quad (5.13)$$

6) доверительные границы основной относительной погрешности измерения при доверительной вероятности 0,95 вычислить по формуле

$$\delta = K_s \sqrt{\frac{Q_o^2 + Q_{j\max}^2}{3} + S_{j\max}^2}, \quad (5.14)$$

где K_s – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей, принят равным 2;

Q_o – погрешность эталонной дозиметрической установки, %;

$S_{j\max}$ – значение относительного среднего отклонения результата измерений S_j , %, вычисленного по формуле

$$S_j = \frac{1}{\overline{H}_{jB}} \sqrt{\frac{\sum_1^5 (\overline{H}_{ijB} - \overline{H}_{jB})^2}{n \cdot (n-1)}} \cdot 100\%. \quad (5.15)$$

Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения МЭД для всех поверяемых точек, рассчитанные по формуле (5.14), не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности $\delta_{доп}$, рассчитанных по формуле

$$\delta_{доп} = \pm(30 + K/\dot{H})\%, \quad (5.16)$$

где K – коэффициент, равный 10,0 мкЗв/ч;

\dot{H} – значение МЭД, мкЗв/ч.

5.8.3.8 Определение допускаемой основной относительной погрешности измерения плотности потока альфа- излучения блока детектирования БДАБ провести следующим образом:

1) подключить БДАБ к БДОИ. Включить БДОИ и включить режим измерения плотности потока альфа- излучения;

2) открыть β - фильтр. Детектор последовательно прикладывать вплотную к эталонным источникам альфа- излучения ^{239}Pu II-разряда одного из типов 4П9, 5П9 или 6П9 так, чтобы поверхность детектора была расположена параллельно поверхности источника, а геометрический центр поверхности источника находился на продолжении перпендикуляра, проходящего через геометрический центр чувствительной поверхности детектора с точностью ± 2 мм и нажать кнопку ПУСК. При установлении значения статистической погрешности менее 5 % снять показание плотности потока альфа- излучения;

3) поверку основной относительной погрешности провести в контрольных точках согласно таблице 5.3

Таблица 5.3

Плотность потока в контрольной точке, φ_{oj} , мин ⁻¹ ·см ⁻²	Число измерений, n	Статистическая погрешность, %, не более
10-60	5	5
200-600	5	5
2000-6000	5	5
20000-60000	5	5
200000-400000	5	5

4) в каждой контрольной точке провести пять измерений плотности потока альфа-излучения φ_{ij} , как указано в перечислении 2), причем каждое последующее измерение проводить повернув образцовый источник по окружности вокруг геометрического центра поверхности источника примерно на 72 ° относительно предыдущего положения источника;

5) рассчитать среднее значение $\bar{\varphi}_j$ плотности потока альфа- излучения для каждой контрольной точки по формуле

$$\bar{\varphi}_j = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \varphi_{ij}; \quad (5.17)$$

6) рассчитать доверительные границы допускаемой основной относительной погрешности измерения плотности потока δ_φ , %, при доверительной вероятности 0,95 по формуле

$$Q_j = \frac{\bar{\varphi}_j - \varphi_{oj}}{\varphi_{oj}}, \quad (5.18)$$

где φ_{oj} – плотность потока частиц с активной поверхности эталонного источника на момент испытаний, мин⁻¹·см⁻².

Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения плотности потока альфа- излучения блока детектирования БДАБ для всех поверяемых точек, рассчитанные по формуле (5.18), не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности $\delta_{доп}$, рассчитанных по формуле

$$\delta_{доп} = \pm(20 + A/\varphi)\%, \quad (5.19)$$

где A – коэффициент равный 10 мин⁻¹·см⁻²;

φ – измеренная плотность потока альфа- излучения.

5.8.3.9 Определение допускаемой основной относительной погрешности измерения плотности потока бета- излучения блока детектирования БДАБ провести в следующей последовательности:

1) подключить БДАБ к БДОИ. Включить БДОИ и включить режим измерения плотности потока бета- излучения;

2) закрыть на блоке детектирования защитный β - фильтр и детектор приложить вплотную к эталонному источнику бета- излучения $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ одного из типов 4СО, 5СО, 6СО II-разряда так, чтобы поверхность детектора была расположена параллельно поверхности источника, а геометрический центр поверхности источника находился на продолжении перпендикуляра, проходящего через геометрический центр чувствительной поверхности детектора с точностью ± 2 мм. Нажать кнопку ОК. При установлении значения статистической погрешности менее 10 % нажать кнопку СТОП;

3) открыть бета- фильтр. Установить на детектор альфа- фильтр. Детектор установить на тот же эталонный источник в прежнее положение и нажать кнопку ПУСК. При

установлении значения статистической погрешности менее 5 % снять показание плотности потока бета- излучения Φ_{ij} ;

4) не меняя эталонный источник, измерения по перечислениям 2), 3) провести в четырех взаимно перпендикулярных направлениях при смещении центра детектора на 15 мм относительно центра источника;

5) проверку по перечислениям 2) – 4) провести в контрольных точках согласно таблице 5.4

Таблица 5.4

Плотность потока в контрольной точке, Φ_{0j} , мин ⁻¹ ·см ⁻²	Число измерений, n	Статистическая погрешность, %, не более
10-60	5	5
200-600	5	5
2000-6000	5	5
20000-60000	5	5
600000-900000	5	5

б) рассчитать среднее значение $\bar{\varphi}_j$ плотности потока бета- излучения для каждой контрольной точки по формуле (5.17);

7) рассчитать доверительные границы допускаемой основной относительной погрешности измерения плотности потока δ_φ , %, при доверительной вероятности 0,95 по формуле (5.18).

Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения плотности потока бета- излучения БДАБ для всех поверяемых точек, рассчитанные по формуле (5.18), не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности $\delta_{доп}$, рассчитанных по формуле

$$\delta_{доп} = \pm(20 + A/\varphi)\%, \quad (5.20)$$

где A – коэффициент равный 100 мин⁻¹·см⁻²;

φ – измеренная плотность потока бета- излучения.

5.9 Оформление результатов поверки

5.9.1 Результаты поверки заносятся в протокол поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении А.

5.9.2 При положительных результатах первичной поверки в паспорте (раздел "Свидетельство о приемке") ставится подпись, оттиск клейма поверителя, производшего поверку, и дата поверки.

5.9.3 При положительных результатах очередной поверки или поверки после ремонта на прибор выдается свидетельство установленной формы о поверке (в соответствии с ТКП 8.003-2011, приложение Г) и в паспорте (раздел "Особые отметки") ставится подпись, оттиск клейма поверителя, производшего поверку, и дата поверки.

5.9.4 При отрицательных результатах поверки приборы к применению не допускаются. На них выдается извещение о непригодности (в соответствии с ТКП 8.003-2011, приложение Д) с указанием причин непригодности. При этом оттиск клейма поверителя подлежит погашению, а свидетельство аннулируется.

6 УТИЛИЗАЦИЯ

БДН не представляет опасности для жизни, здоровья и окружающей среды, поэтому утилизация производится в обычном порядке.

Сведения о содержании драгоценных материалов в БДН не приводятся, так как их масса в чистоте не превышает значений, указанных в ГОСТ 2.608-78.

Приложение А
(справочное)
Форма протокола поверки
Дозиметра-радиометра МКС-РМ1403 зав. № _____

Дата поверки _____

Поверка проводилась _____
поверочный орган

Условия поверки:

- температура _____ °С;
- относительная влажность _____ %;
- атмосферное давление _____ кПа;
- внешний фон гамма- излучения _____ мкЗв/ч

Средства поверки:

А.1 Внешний осмотр:

- документация _____
- комплектность _____
- отсутствие механических повреждений _____

А.2 Опробование:

- работоспособность _____

А.3 Метрологические характеристики

А.3.1 Определение допускаемой основной относительной погрешности измерения МЭД фотонного излучения БДОИ

Таблица А.1

Эталонное значение МЭД, $\dot{H}^*(10)$, мкЗв/ч.	Источник ^{137}Cs №	Значение МЭД в контрольной точке, мкЗв/ч		Погрешность, %		
		измеренное значение, \dot{H}^*_{ji}	среднее значение, $\overline{\dot{H}^*}_j$	$Q_{\text{изм.}}$	$\pm \delta_{\text{изм.}}$	$\pm \delta_{\text{доп.}}$
фон				-	-	-
0,8						± 30
8,0						
80						

А.3.2 Определение относительного энергетического разрешения при работе БДОИ в режиме накопления сцинтилляционных спектров гамма- излучения

Таблица А.2

Наименование параметра	Значение параметра
E_1 – значение энергии ^{57}Co в ППП, кэВ	122,06
E_2 – значение энергии ^{137}Cs в ППП, кэВ	661,67
S_1 , центроида ППП линии излучения ^{57}Co , канал	
S_2 , центроида ППП линии излучения ^{137}Cs , канал	
K , энергетическая ширина канала, кэВ	
Δ_n , ширина ППП линии излучения ^{137}Cs на половине высоты, канал	
$\eta_{\text{абс}}$, абсолютное энергетическое разрешение, кэВ	
$\eta_{\text{отн}}$, относительное энергетическое разрешение, %	
Допустимое $\eta_{\text{доп}}$, относительное энергетическое разрешение, %	7,5

А.3.3 Определение допускаемой основной относительной погрешности измерения МЭД фотонного излучения блоком детектирования БДГ1

Таблица А.3

Эталонное значение МЭД, $\dot{N}^*(10)$, мкЗв/ч.	Источник ^{137}Cs №	Значение МЭД в контрольной точке, мкЗв/ч		Погрешность, %		
		измеренное значение, \dot{N}^*_{ji}	среднее значение, $\overline{\dot{N}^*}_j$	$Q_{\text{изм.}}$	$\pm \delta_{\text{изм.}}$	$\pm \delta_{\text{доп.}}$
1	2	3	4	5	6	7
фон				-	-	-
0,8						$\pm 22,5$
8,0						$\pm 20,25$
80						± 20

А.3.4 Определение относительного энергетического разрешения при работе блока детектирования БДГ1 в режиме накопления сцинтилляционных спектров гамма-излучения

Таблица А.4

Наименование параметра	Значение параметра
E_1 – значение энергии ^{57}Co в ППП, кэВ	122,06
E_2 – значение энергии ^{137}Cs в ППП, кэВ	661,67
S_1 , центроида ППП линии излучения ^{57}Co , канал	
S_2 , центроида ППП линии излучения ^{137}Cs , канал	
K , энергетическая ширина канала, кэВ	
Δ_n , ширина ППП линии излучения ^{137}Cs на половине высоты, канал	
$\eta_{\text{абс}}$, абсолютное энергетическое разрешение, кэВ	
$\eta_{\text{отн}}$, относительное энергетическое разрешение, %	
Допустимое $\eta_{\text{доп}}$, относительное энергетическое разрешение, %	8,5

А.3.5 Определение допускаемой основной относительной погрешности измерения МЭД фотонного излучения блоком детектирования БДГ2

Таблица А.5

Эталонное значение МЭД, $\dot{H}^*(10)$	Источник ^{137}Cs №	Значение МЭД в контрольной точке		Погрешность, %		
		измеренное значение, \dot{H}^*_{ji}	среднее значение, $\bar{\dot{H}}^*_j$	$Q_{\text{изм.}}$	$\pm \delta_{\text{изм.}}$	$\pm \delta_{\text{доп.}}$
мкЗв/ч						
фон				-	-	-
3,0						$\pm 20,7$
30,0						± 20
300,0						± 20
мЗв/ч						
3,0						± 20
30,0						± 20
300,0						± 20
Зв/ч						
3,0						± 20
8,0						± 20

А.3.6 Определение допускаемой основной относительной погрешности измерения ЭД фотонного излучения блоком детектирования БДГ2

Таблица А.6

Эталонное значение МЭД, $\dot{H}^*(10)$	Расчетное значение ЭД, $H^*(10)$	Значение ЭД в контрольной точке, $H^*(10)$		Измеренное значение ЭД в контрольной точке, $H^*(10)$	Погрешность, %		
		начальное значение ЭД	конечное значение ЭД		$Q_{\text{изм.}}$	$\pm \delta_{\text{изм.}}$	$\pm \delta_{\text{доп.}}$
8,0 мкЗв/ч							± 10
80,0 мЗв/ч							
800 мЗв/ч							

А.3.7 Определение допускаемой основной относительной погрешности измерения МЭД нейтронного излучения блоком детектирования БДН

Таблица А.7

Эталонное значение МЭД, $\dot{H}^*(10)$, мкЗв/ч	Значение коэффициента B_R	Значение МЭД в контрольной точке, мкЗв/ч			Погрешность, %		
		измеренное значение, \dot{H}^*_{ji}	среднее значение, $\bar{\dot{H}}^*_j$	$\bar{\dot{H}}^*_{jBR}$	$Q_{\text{изм.}}$	$\pm \delta_{\text{изм.}}$	$\pm \delta_{\text{доп.}}$
3							$\pm 33,3$
30							$\pm 30,3$
300							± 30
1500							± 30
4000							± 30

А.3.8 Определение допускаемой основной относительной погрешности измерения плотности потока альфа-излучения блоком детектирования БДАБ

Таблица А.8

Эталонное значение	Тип источника,	Значение плотности потока в контрольной точке, $\text{мин}^{-1}\text{см}^{-2}$	Погрешность, %

плотности потока, φ_{oj} , $\text{мин}^{-1}\text{см}^{-2}$	№ источника	измеренное значение, φ_{ji}	среднее значение $\bar{\varphi}_i$	Погрешность, %	
				$\pm \delta_{\text{ф изм.}}$	$\pm \delta_{\text{доп}}$
	Тип _____ № _____				
	Тип _____ № _____				
	Тип _____ № _____				
	Тип _____ № _____				
	Тип _____ № _____				

А.3.9 Определение допускаемой основной относительной погрешности измерения плотности потока бета-излучений блоком детектирования БДАБ

Таблица А.9

Эталонное значение плотности потока, φ_{oj} , $\text{мин}^{-1}\text{см}^{-2}$	Тип источника, № источника	Значение плотности потока в контрольной точке, $\text{мин}^{-1}\text{см}^{-2}$		Погрешность, %	
		измеренное значение, φ_{ji}	среднее значение $\bar{\varphi}_i$	$\pm \delta_{\text{ф изм.}}$	$\pm \delta_{\text{доп}}$
	Тип _____ № _____				
	Тип _____ № _____				
	Тип _____ № _____				
	Тип _____ № _____				
	Тип _____ № _____				

Выводы _____

Свидетельство № _____ от _____
 (извещение о непригодности)

Поверку провел _____ (_____)
 подпись