

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
АО «Клиоинвест»

Директор ФГУП «ВНИИМ
им. Д.И. Менделеева»



В. Н. Федичкин

М.П.

« 28 » октября 2016 г.



К. В. Гоголинский

М.П.

« 28 » октября 2016 г.

СИСТЕМЫ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ LANDAUER MICROSTAR

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
МП 2103-001-2016

Руководитель отдела

«ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to S.G. Trofimchuk, written over a horizontal line.

С. Г. Трофимчук

« » _____ 2016 г.

Санкт-Петербург
2016

Настоящая методика поверки распространяется на системы дозиметрические Landauer microStar (далее системы microStar), предназначенные для измерений индивидуальных эквивалентов дозы $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ в полях фотонного, бета- и нейтронного излучений.

Первичной поверке подлежат системы microStar до ввода в эксплуатацию и выпускаемые в обращение после ремонта, вызванного ухудшением их метрологических характеристик, а также при изменении комплектации.

Периодической поверке подлежат системы microStar, находящиеся в эксплуатации.

Интервал между поверками – 2 года.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

Данная методика поверки приведена для наиболее полной комплектации системы microStar, в состав которой входят дозиметры для различных видов излучения (фотонное, бета-, нейтронное). Наличие тех или иных типов дозиметров, используемых в составе системы microStar, определяется заказчиком при заказе системы. Операции поверки выполняются только для используемых типов дозиметров.

По требованию заказчика допускается проведение поверки по отдельным измеряемым величинам, видам излучения, диапазонам измерений доз и отдельным типам дозиметров. При этом в свидетельстве о поверке должны быть перечислены измеряемые величины, виды излучения и диапазоны измерений доз, в которых проводилась поверка, и типы дозиметров, для которых проведена поверка.

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

Таблица 1

| Наименование операции | № пункта методики поверки | Проведение операции при | |
|--|---------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| | | первичной поверке | периодической поверке ¹ |
| Внешний осмотр | 7.1 | да | да |
| Опробование | 7.2 | да | да |
| Определение метрологических характеристик | 7.3 | да | да |
| Определение основных относительных погрешностей системы microStar при измерении индивидуальных эквивалентов дозы $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ фотонного излучения с дозиметрами InLight+GA и InLight+BA | 7.3.1 | да | да |
| Определение основной относительной погрешности системы microStar при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ бета-излучения с дозиметрами InLight+GA | 7.3.2 | да | да |
| Определение основной относительной погрешности системы microStar при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ нейтронного излучения с дозиметрами InLight+BA | 7.3.3 | да | да |
| Определение основной относительной погрешности системы microStar при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ фотонного излучения с дозиметрами InLight nanoDot | 7.3.4 | да | да |

Продолжение таблицы 1

| Наименование операции | № пункта методики поверки | Проведение операции при | |
|--|---------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| | | первичной поверке | периодической поверке ¹ |
| Определение энергетической зависимости чувствительности системы microStar при измерениях $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ в полях фотонного излучения с дозиметрами InLight+GA и InLight+BA | 7.3.5 | да | да ² |
| Оформление результатов поверки | 8 | да | да |

Примечания. 1. При периодической поверке допускается проводить поверку для определенных видов излучения и в ограниченных диапазонах измерений, согласно запросу потребителя.

2. Определение энергетической зависимости чувствительности системы microStar с дозиметрами InLight+GA и InLight+BA проводится по запросу потребителя в случае использования этих дозиметров для измерений в полях рентгеновского излучения.

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

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

2.2 Все средства измерений должны иметь действующие свидетельства о поверке.

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

Таблица 2

| Номер пункта методики поверки | Наименование средств поверки и вспомогательного оборудования | Основные метрологические и технические характеристики |
|-------------------------------|---|--|
| 7.3.1 | Рабочий эталон 2-го разряда по ГОСТ Р 8.804-2012 – поверочная дозиметрическая установка гамма-излучения с набором источников из радионуклидов ¹³⁷ Cs | Диапазон значений индивидуальных эквивалентов дозы $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ 0,05 мЗв -10 Зв Погрешность не более $\pm 5\%$ |
| 7.3.4, 7.3.5 | Рабочий эталон 1-го разряда по ГОСТ Р 8.804-2012 – поверочная дозиметрическая установка рентгеновского излучения | Диапазон энергий фотонов от 20 до 250 кэВ Диапазон значений индивидуальных эквивалентов дозы $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ 0,05 мЗв -10 Зв Погрешность не более $\pm 3\%$ |
| 7.3.2 | Рабочий эталон по ГОСТ 8.035-82 – поверочная дозиметрическая установка бета-излучения с источником из радионуклида ⁹⁰ Sr+ ⁹⁰ Y | Диапазон значений мощности поглощенной дозы бета-излучения в тканеэквивалентном веществе $1 \cdot 10^{-5} - 1$ Гр/с Погрешность не более $\pm 7\%$ |
| 7.3.3 | Рабочий эталон по ГОСТ 8.031-82 – поверочная радиометрическая установка с источником нейтронов спонтанного деления на основе радионуклида ²⁵² Cf | Диапазон значений плотности потока нейтронов $(1-7) \cdot 10^7$ с ⁻¹ см ⁻² Погрешность не более $\pm 8\%$ |
| 7.3.1– 7.3.5 | Водный фантом по ISO 4037 (ISO water slab phantom) | Фантом из полиметилметакрилата размерами 30 см × 30 см × 15 см, толщина передней стенки 2,5 мм |

Продолжение таблицы 2

| Номер пункта методики поверки | Наименование средств поверки и вспомогательного оборудования | Основные метрологические и технические характеристики |
|-------------------------------|--|---|
| 7.3.1–7.3.5 | Дозиметр рентгеновского и гамма-излучения типа ДКС-АТ 1121 | Диапазон мощности амбиентного эквивалента дозы от 0,05 мкЗв/ч до 10 Зв/ч Погрешность не более ±15 % |
| 7.3.1–7.3.5 | Термометр лабораторный по ГОСТ 28498-90 | Диапазон измерений от 0 до 40 °С Цена деления 0,1°С Погрешность измерения температуры не более ±0,05 °С |
| 7.3.1–7.3.5 | Психрометр аспирационный | Диапазон измерений относительной влажности воздуха от 20 до 90 % Погрешность ±2 % |
| 7.3.1–7.3.5 | Барометр-анероид | Диапазон измерений атмосферного давления от 80 до 107 кПа Погрешность измерения не более ±0,2 кПа |
| 7.3.1–7.3.5 | Секундомер типа «Электроника КТ-01» | Дискретность отсчета 0,01 с Погрешность не более ±0,01 с за 1 мин. |
| 7.2 | MD5 File Checker | Программное обеспечение для расчета контрольной суммы исполняемого кода |

Примечания. 1. Для бета-излучения коэффициент перехода от поглощенной дозы (D, Гр) в ткани на глубине 7 мг/см² к индивидуальному эквиваленту дозы $H_p(0,07)$ (Зв) равен единице в соответствии с ISO 6980.

2. Для нейтронного излучения переход от плотности потока нейтронов к индивидуальному эквиваленту дозы $H_p(10)$ осуществляется с применением коэффициента перехода $h_{pn}(10) = 4 \cdot 10^{-10}$ Зв·см² в соответствии с ISO 8529-3.

3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К проведению измерений и обработке результатов измерений допускаются лица, имеющие профессиональные знания в области дозиметрии, изучившие руководство по эксплуатации и аттестованные на право поверки дозиметрических средств измерений.

4 ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99/2010 СП 2.6.1.2612-10, Норм радиационной безопасности НРБ-99/2009 СанПиН 2.6.1.2523-09 и правила техники безопасности, действующие на данном предприятии.

4.2 К работе должны привлекаться лица, имеющие допуск к работе с источниками ионизирующих излучений.

5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С 20 ± 5;
- относительная влажность воздуха, % 60 (-30; +20);
- атмосферное давление, кПа 101,3 (-15,3; +5,4);
- внешний радиационный фон
(мощность амбиентного эквивалента дозы), мкЗв/ч не более 0,2.

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 При первичной и периодической поверке системы microStar на поверку представляется случайным образом отобранная выборка дозиметров каждого типа из комплекта поверяемой системы, равная 10 % от общего числа дозиметров, но не менее 50 и не более 400 дозиметров каждого типа.

6.2 Перед проведением поверки необходимо:

- ознакомиться с руководством по эксплуатации на систему microStar (далее РЭ);
- подготовить систему microStar к работе в соответствии с РЭ.

6.3 Все установки и средства измерений должны быть подготовлены к работе в соответствии с технической документацией на них.

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При проведении внешнего осмотра должны быть установлены:

- комплектность системы microStar и эксплуатационных документов на нее в объеме, достаточном для проведения поверки;
- наличие свидетельства о поверке на систему microStar (при периодической поверке);
- наличие маркировки на составных частях системы microStar;
- отсутствие загрязнений, механических повреждений и дефектов на составных частях системы microStar, которые могут повлиять на ее работоспособность.

7.2 Опробование

7.2.1 При проведении опробования проверяют работоспособность считывающего устройства системы microStar в соответствии с РЭ и проводят процедуру подтверждения соответствия программного обеспечения системы microStar.

7.2.3 Проверка работоспособности считывающего устройства системы microStar считается пройденной, если тестовые показания DRK не превышают 30, а относительный разброс десяти тестовых показаний CAL, LED не превышает $\pm 10\%$ от соответствующих им средних арифметических значений.

7.2.4 Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО) системы microStar при поверке состоит из следующих этапов: проверка идентификационного наименования ПО; проверка номера версии (идентификационного номера) ПО; проверка цифрового идентификатора ПО (контрольной суммы исполняемого кода).

7.2.5 Проверка идентификационного наименования, проверка номера версии (идентификационного номера) ПО

Идентификационное наименование ПО отображается в заголовке окна при запуске ПО.

Номер версии ПО отображается во вкладке «О проекте» после слов «Версия расчета дозы ИнЛайт».

Полученные идентификационное наименование ПО и номер версии сравнивают со значениями, указанными в РЭ, Описании типа средства измерений (при первичной поверке) или Свидетельстве о поверке (при периодической поверке).

7.2.6 Проверка цифрового идентификатора (контрольной суммы исполняемого кода) ПО

В каталоге, в котором установлено ПО, например, C:\Program Files (x86)\Landauer Inc\InLight microStar Reader\, проверяют наличие программного модуля ПО MicroStar.exe.

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

При первичной поверке полученный цифровой идентификатор (контрольную сумму исполняемого кода) указывают в Свидетельстве о поверке.

При периодической проверке соответствие цифрового идентификатора (контрольной суммы исполняемого кода) подтверждается сравнением вычисленного цифрового идентификатора со значением, указанным в Свидетельстве о проверке.

7.2.7 Результаты подтверждения соответствия ПО системы microStar считаются положительными, если полученные идентификационные данные соответствуют идентификационным данным, указанным в Описании типа средства, в РЭ или в Свидетельстве о проверке (при периодической проверке).

7.3 Определение метрологических характеристик

При проведении проверки облучение дозиметров InLight+GA в полях фотонного и бета-излучений, дозиметров InLight+BA в полях фотонного и нейтронного излучений, а также дозиметров InLight nanoDot в полях фотонного излучения проводится с использованием водного фантома по ISO 4037. Для облучения дозиметры размещают на передней стенке водного фантома, обращенной к источнику излучения. При этом нормаль, проведенная из геометрического центра передней стенки фантома, должна совпадать с центральной осью коллиматора эталонной установки и проходить через центр группы дозиметров.

Размер поля излучения установки, зависящий от расстояния источник-фантом и диаметра выходного окна коллиматора установки, должен полностью перекрывать переднюю стенку фантома.

Количество дозиметров в каждой поверочной точке выбирается в зависимости от размеров представленной партии дозиметров, но не менее трех.

Перед облучением дозиметров InLight+GA, InLight+BA, InLight nanoDot проводят их подготовку. Для этого обнуляют дозиметры с помощью устройства для оптического отжига дозиметров РА-2.0 и снимают показания после обнуления.

Показания с дозиметров InLight+GA, InLight+BA, InLight nanoDot снимают с помощью считывающего устройства microStar и соответствующего ПО, установленного на ПК, согласно РЭ на систему microStar.

7.3.1 Определение основных относительных погрешностей системы microStar при измерении индивидуальных эквивалентов дозы $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ фотонного излучения с дозиметрами InLight+GA и InLight+BA

7.3.1.1 Основные относительные погрешности системы microStar при измерениях индивидуальных эквивалентов дозы $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ фотонного излучения с дозиметрами InLight+GA и InLight+BA определяют методом прямых измерений путем сравнения показаний дозиметров из объема произвольной выборки со значением индивидуальных эквивалентов дозы $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ в поле рабочего эталона 2-го разряда по ГОСТ Р 8.804-2012 – поверочной дозиметрической установки гамма-излучения с набором источников из радионуклида ^{137}Cs .

7.3.1.2 Дозиметры InLight+GA и InLight+BA готовят для облучения и снимают показания после обнуления, $H_{p\phi}(10)$ и $H_{p\phi}(0,07)$.

7.3.1.3 Проводят облучение дозиметров InLight+GA и InLight+BA в поле гамма-излучения ^{137}Cs с заданным действительным значением индивидуальных эквивалентов дозы $H_{p0}(10)$ и $H_{p0}(0,07)$. В каждой точке измерений облучают не менее 5 дозиметров каждого типа. Действительные значения индивидуальных эквивалентов дозы $H_{p0}(10)$ и $H_{p0}(0,07)$ составляют 0,5 мЗв–5 мЗв; 10–100 мЗв; 500 мЗв–1 Зв.

7.3.1.4 Снимают показания $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ с облученных дозиметров и вычисляют измеренные значения индивидуальных эквивалентов дозы для каждого дозиметра:

$$H_{pi} = H_p - H_{pф}, \quad (1)$$

где H_{pi} - измеренное значение индивидуального эквивалента дозы $H_{pi}(10)$ или $H_{pi}(0,07)$, мЗв; H_p - показания $H_p(10)$ или $H_p(0,07)$, снятые с облученных дозиметров, мЗв; $H_{pф}$ - показания $H_{pф}(10)$ или $H_{pф}(0,07)$, снятые после обнуления дозиметров, мЗв.

7.3.1.5 Вычисляют относительную погрешность измерений индивидуальных эквивалентов дозы:

$$\Delta = \frac{H_{pi} - H_{p0}}{H_{p0}} \cdot 100, \%, \quad (2)$$

где H_{pi} - измеренное значение индивидуального эквивалента дозы $H_{pi}(10)$ или $H_{pi}(0,07)$, мЗв; H_{p0} - действительное значение индивидуального эквивалента дозы $H_{p0}(10)$ или $H_{p0}(0,07)$, мЗв.

7.3.1.6 Определяют границы основной относительной погрешности системы microStar с дозиметрами InLight+GA и InLight+BA при измерениях индивидуальных эквивалентов дозы $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ в полях фотонного излучения при доверительной вероятности $p = 0,95$:

$$\delta = 1,1\sqrt{\Delta^2 + \delta_0^2}, \quad (3)$$

где δ_0 - погрешность действительного значения индивидуального эквивалента дозы (из свидетельства об аттестации эталона).

7.3.1.7 Система microStar считается прошедшей поверку с положительным результатом, если значения доверительных границ основных относительных погрешностей системы microStar при измерениях индивидуальных эквивалентов дозы $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ в полях фотонного излучения для 95 % дозиметров из выборки не превышают пределов основной относительной погрешности $\pm 50\%$ в диапазоне измерений от 0,05 до 0,1 мЗв и $\pm 30\%$ в диапазоне измерений от 0,1 мЗв до 10 Зв с дозиметрами InLight+GA и $\pm 25\%$ в диапазоне измерений от 0,1 мЗв до 10 Зв с дозиметрами InLight+BA.

В случае если доверительные границы основных относительных погрешностей системы microStar для более 5 % дозиметров из выборки превышают указанные пределы, эти дозиметры изымаются из обращения, а определение основных относительных погрешностей системы microStar при измерении индивидуальных эквивалентов дозы $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ фотонного излучения проводят заново для новой выборки дозиметров из комплекта системы microStar, увеличенной в 2 раза.

Если для увеличенной в 2 раза выборки дозиметров доверительные границы основных относительных погрешностей системы microStar для более 5 % дозиметров из выборки превышают указанные пределы, система microStar считается прошедшей поверку с отрицательным результатом.

7.3.2 Определение основной относительной погрешности системы microStar при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ бета-излучения с дозиметрами InLight+GA

7.3.2.1 Основную относительную погрешность системы microStar при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ бета-излучения с дозиметрами InLight+GA определяют методом прямых измерений путем сравнения показаний дозиметров из объема произвольной выборки со значением индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ в поле рабочего эталона по ГОСТ 8.035-82 – поверочной дозиметрической установки бета-излучения с источником из радионуклида $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$.

7.3.2.2 Дозиметры InLight+GA подготавливают для облучения и снимают показания

после обнуления, $H_{pf}(0,07)$.

7.3.2.3 Проводят облучение группы дозиметров InLight+GA в поле бета-излучения источника $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ с заданным действительным значением индивидуального эквивалента дозы $H_{p0}(0,07)$ из диапазона 2 мЗв – 10 мЗв.

7.3.2.4 Снимают показания $H_p(0,07)$ с облученных дозиметров и вычисляют измеренные значения индивидуального эквивалента дозы $H_{pi}(0,07)$ для каждого дозиметра по формуле (1).

7.3.2.5 Основную относительную погрешность системы microStar в диапазоне измерений с дозиметрами InLight+GA при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ бета-излучения определяют аналогично тому, как описано в п.п. 7.3.1.5 – 7.3.1.6.

7.3.2.6 Система microStar считается прошедшей поверку с положительным результатом, если значения доверительных границ основной относительной погрешности системы microStar с дозиметрами InLight+GA при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ в полях бета-излучения для 95 % дозиметров из выборки не превышают пределов основной относительной погрешности $\pm 30\%$.

В случае если доверительные границы основных относительных погрешностей системы microStar для более 5 % дозиметров из выборки превышают указанные пределы, эти дозиметры изымаются из обращения, а определение основной относительной погрешности системы microStar при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ в поле бета-излучения проводят заново для новой выборки дозиметров из комплекта системы microStar, увеличенной в 2 раза.

Если для увеличенной в 2 раза выборки дозиметров доверительные границы основной относительной погрешности системы microStar для более 5 % дозиметров из выборки превышают указанные пределы, система microStar считается прошедшей поверку с отрицательным результатом.

7.3.3 Определение основной относительной погрешности системы microStar при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ нейтронного излучения с дозиметрами InLight+BA

7.3.3.1 Основную относительную погрешность системы microStar при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ нейтронного излучения с дозиметрами InLight+BA определяют методом прямых измерений путем сравнения показаний дозиметров из объема произвольной выборки со значением индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ в поле рабочего эталона по ГОСТ 8.031-82 – эталонной поверочной радиометрической установки с источником нейтронов спонтанного деления на основе радионуклида ^{252}Cf .

7.3.3.2 Дозиметры InLight+BA подготавливают для облучения и снимают показания после обнуления, $H_{pf}(10)$.

7.3.3.3 При первичной поверке проводят определение поправочного коэффициента для корректировки показаний при измерениях в полях нейтронного излучения.

Проводят облучение дозиметров InLight+BA в поле нейтронного излучения ^{252}Cf эталонной установки с заданным действительным значением индивидуального эквивалента дозы $H_{p0}(10)$ 5–10 мЗв. В точке измерений облучают не менее 5 дозиметров. Снимают показания $H_p(10)$ с облученных дозиметров и вычисляют измеренные значения индивидуального эквивалента дозы $H_{pi}(10)$ для каждого дозиметра по формуле (1).

Определяют усредненный по группе дозиметров поправочный коэффициент для корректировки показаний:

$$\xi_n = \frac{H_{p0}(10)}{H_p(10)}, \quad (4)$$

где $\overline{H}_p(10)$ - среднее значение индивидуального эквивалента дозы, мЗв, рассчитанное по формуле (2); $H_{p0}(10)$ - действительное значение индивидуального эквивалента дозы, мЗв.

7.3.3.4 Полученный поправочный коэффициент вводят в ПО системы microStar согласно РЭ.

7.3.3.5 Заново снимают показания $H_p(10)$ с облученных дозиметров и вычисляют измеренные значения индивидуального эквивалента дозы $H_{pi}(10)$ для каждого дозиметра по формуле (1).

7.3.3.6 Проводят облучение дозиметров InLight+BA в поле нейтронного излучения ^{252}Cf эталонной установки с заданным действительным значением индивидуального эквивалента дозы $H_{p0}(10)$ 15–50 мЗв. В каждой точке измерений облучают не менее 5 дозиметров.

7.3.3.7 Снимают показания $H_p(10)$ с облученных дозиметров и вычисляют измеренные значения индивидуального эквивалента дозы $H_{pi}(10)$ для каждого дозиметра по формуле (1).

7.3.3.8 Основную относительную погрешность системы microStar в диапазоне измерений с дозиметрами InLight+BA при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ нейтронного излучения определяют аналогично тому, как описано в п.п. 7.3.1.5 – 7.3.1.6.

7.3.3.9 При периодической проверке убеждаются, что в ПО системы microStar введен поправочный коэффициент для корректировки показаний при измерениях в полях нейтронного излучения, полученный при первичной проверке (из свидетельства о первичной проверке). Выбирают этот коэффициент в ПО системы microStar (согласно РЭ) и проводят действия по п. 7.3.3.6.

7.3.3.10 Снимают показания $H_p(10)$ с облученных дозиметров и вычисляют измеренные значения индивидуального эквивалента дозы $H_{pi}(10)$ для каждого дозиметра по формуле (1).

7.3.3.11 Основную относительную погрешность системы microStar в диапазоне измерений с дозиметрами InLight+BA при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ нейтронного излучения определяют аналогично тому, как описано в п.п. 7.3.1.5 – 7.3.1.6.

7.3.3.10 Система microStar считается прошедшей проверку с положительным результатом, если значения доверительных границ основной относительной погрешности системы microStar с дозиметрами InLight+BA при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ в полях нейтронного излучения для 95 % дозиметров из выборки не превышают пределов основной относительной погрешности ± 30 %.

В случае если доверительные границы основных относительных погрешностей системы microStar для более 5 % дозиметров из выборки превышают указанные пределы, эти дозиметры изымаются из обращения, а определение основной относительной погрешности системы microStar при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ в поле нейтронного излучения проводят заново для новой выборки дозиметров из комплекта системы microStar, увеличенной в 2 раза.

Если для увеличенной в 2 раза выборки дозиметров доверительные границы основной относительной погрешности системы microStar для более 5 % дозиметров из выборки превышают указанные пределы, система microStar считается прошедшей проверку с

отрицательным результатом.

7.3.4 Определение основной относительной погрешности системы microStar при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ фотонного излучения с дозиметрами InLight nanoDot

7.3.4.1 Основные относительные погрешности системы microStar при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ фотонного излучения с дозиметрами InLight nanoDot определяют методом прямых измерений путем сравнения показаний дозиметров из объема произвольной выборки со значением индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ в поле рабочего эталона 1-го разряда по ГОСТ Р 8.804-2012 – поверочной дозиметрической установки рентгеновского излучения на режиме RQR6 по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 при напряжении генерирования рентгеновской трубки с вольфрамовым анодом 80 кВ и первом слое половинного ослабления 2,9 мм Al.

7.3.4.2 Дозиметры InLight nanoDot подготавливают для облучения и снимают показания после обнуления, $H_{pf}(0,07)$.

7.3.4.3 Проводят облучение дозиметров InLight nanoDot в поле эталонной установки на режиме RQR6 с заданным действительным значением индивидуального эквивалента дозы $H_{p0}(0,07)$. В каждой точке измерений облучают не менее 5 дозиметров. Действительные значения индивидуального эквивалента дозы $H_{p0}(0,07)$ составляют 0,5–1 мЗв; 5–10 мЗв; 50–500 мЗв.

7.3.4.5 Снимают показания $H_p(0,07)$ с облученных дозиметров и вычисляют измеренные значения индивидуального эквивалента дозы $H_{pi}(0,07)$ для каждого дозиметра по формуле (1).

7.3.4.6 Основную относительную погрешность системы microStar в диапазоне измерений с дозиметрами InLight nanoDot при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ фотонного излучения определяют аналогично тому, как описано в п.п. 7.3.1.5–7.3.1.6.

7.3.4.7 Система microStar считается прошедшей поверку с положительным результатом, если значения доверительных границ основной относительной погрешности системы microStar с дозиметрами InLight nanoDot при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ в полях фотонного излучения для 95 % дозиметров из выборки не превышают пределов основной относительной погрешности ± 20 % в диапазоне индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ от 0,1 до 10 мЗв, ± 10 % в диапазоне индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ от 10 мЗв до 10 Зв.

В случае если доверительные границы основных относительных погрешностей системы microStar для более 5 % дозиметров из выборки превышают указанные пределы, эти дозиметры изымаются из обращения, а определение основной относительной погрешности системы microStar при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ в полях фотонного излучения проводят заново для новой выборки дозиметров из комплекта системы microStar, увеличенной в 2 раза.

Если для увеличенной в 2 раза выборки дозиметров доверительные границы основной относительной погрешности системы microStar для более 5 % дозиметров из выборки превышают указанные пределы, система microStar считается прошедшей поверку с отрицательным результатом.

7.3.5 Определение энергетической зависимости чувствительности системы microStar при измерениях $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ в полях фотонного излучения с дозиметрами InLight+GA и InLight+BA

7.3.5.1 Определение энергетической зависимости чувствительности системы microStar при измерениях $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ в полях фотонного излучения с дозиметрами InLight+GA и InLight+BA проводят в полях рабочего эталона 1-го разряда по ГОСТ Р 8.804-2012 – поверочной дозиметрической установки рентгеновского излучения на режимах N20–N250 по ISO 4037, рабочего эталона 2-го разряда по ГОСТ Р 8.804-2012 – поверочной дозиметрической установки гамма-излучения с набором источников из радионуклида ^{137}Cs .

7.3.5.2 Дозиметры InLight+GA и InLight+BA подготавливают для облучения и снимают показания после обнуления, $H_{p\phi}(10)$ и $H_{p\phi}(0,07)$.

7.3.5.3 Проводят облучение дозиметров InLight+GA и InLight+BA в полях гамма-излучения ^{137}Cs и рентгеновского излучения на режимах N40, N60, N80, N100, N120, N150, N200, N250 по ISO 4037 (или режимах излучения с «узким спектром» по ГОСТ 8.087-2000) соответственно с заданными действительными значениями индивидуальных эквивалентов дозы $H_{p0}(10)$ и $H_{p0}(0,07)$ в диапазоне 1-10 мЗв. В каждой точке измерений облучают не менее 5 дозиметров.

7.3.5.4 Снимают показания $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ с облученных дозиметров и вычисляют измеренные значения индивидуальных эквивалентов дозы для каждого дозиметра по формуле (1).

7.3.5.5 На каждом режиме определяют усредненные по группе дозиметров коэффициенты чувствительности:

$$k_i = \frac{\bar{H}_{pi}}{H_{p0}}, \quad (5)$$

где \bar{H}_{pi} - среднее по группе дозиметров измеренное значение индивидуального эквивалента дозы $H_{pi}(10)$ или $H_{pi}(0,07)$, мЗв; H_{p0} - действительное значение индивидуального эквивалента дозы $H_{p0}(10)$ или $H_{p0}(0,07)$, мЗв.

7.3.5.6 Энергетическую зависимость чувствительности дозиметров при измерениях $H_p(10)$ или $H_p(0,07)$ определяют по формуле:

$$\eta_i = \frac{k_i - k_{Cs}}{k_{Cs}} \cdot 100, \%, \quad (6)$$

где k_{Cs} - усредненный по группе дозиметров InLight+GA (или InLight+BA) коэффициент чувствительности при измерениях $H_p(10)$ или $H_p(0,07)$ в поле гамма-излучения ^{137}Cs .

7.3.5.7 Система microStar считается прошедшей поверку с положительным результатом, если энергетическая зависимость чувствительности системы microStar при измерениях $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ с дозиметрами в полях фотонного излучения InLight+GA не превышает $\pm 20\%$, с дозиметрами InLight+BA не превышает $\pm 25\%$.

8 Оформление результатов поверки

8.1 Все результаты заносятся в протокол поверки. Форма протокола поверки приведена в Приложении А.

8.2 На систему microStar, прошедшую поверку с положительным результатом, выдается свидетельство установленной формы в соответствии с Приказом Минпромторга России № 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» от 2 июля 2015 г.

На свидетельство наносится знак поверки.

На оборотной стороне свидетельства дополнительно указываются:

- диапазоны измерения доз и виды излучения, на которых проводилась поверка (при поверке в ограниченном диапазоне);

- результаты поверки: основная относительная погрешность и энергетическая зависимость чувствительности системы microStar;

- идентификационные данные ПО системы microStar: идентификационное наименование; проверка номер версии; контрольная сумма исполняемого кода.

8.3 На систему microStar, не прошедшую поверку, выдается извещение о непригодности с указанием причин несоответствия установленной формы в соответствии с Приказом Минпромторга России № 1815 от 2 июля 2015 г., свидетельство о поверке аннулируется и средство измерений в обращение не допускается.

Протокол поверки от _____ 201__ г.

Наименование поверяемого средства измерений:

Средство измерений принадлежит:

Организация, проводящая поверку:

Место проведения поверки:

Условия проведения поверки:

Документ на методику поверки:

**Эталоны, средства измерений
и вспомогательное оборудование:**

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ

1 Внешний вид:

Внешний вид, комплектность, маркировка *соответствует (не соответствует)* требованиям технической документации.

Внешние повреждения прибора *отсутствуют (присутствуют)*.

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

2 Опробование

2.1 Проведение опробования по п. 7.2.3.

Результаты проверки работоспособности считывающего устройства системы microStar представлены в таблице А.1.

Таблица А.1

| Номер измерения | DRK | CAL | Разброс CAL относительно среднего арифметического значения, % | LED | Разброс LED относительно среднего арифметического значения, % |
|-----------------|-----|-------------------------------------|---|-------------------------------------|---|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| ... | | | | | |
| 10 | | | | | |
| | | Среднее арифметическое значение CAL | | Среднее арифметическое значение LED | |

Тестовые показания DRK – не более 30.

Относительный разброс десяти тестовых показаний CAL, LED – не более ± 10 % от соответствующих им средних арифметических значений.

Результаты проверки работоспособности считывающего устройства системы microStar *положительные (отрицательные)*.

2.2 Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО) по п. 7.2.5.

Результаты проверки соответствия ПО системы microStar представлены в таблице А.2.

Таблица А.2

| Идентификационные данные | Значения |
|---|----------|
| Идентификационное наименование ПО | |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО | |
| Цифровой идентификатор ПО | |

Результаты проверки соответствия ПО *положительные (отрицательные)*.

Вывод: Результаты опробования *положительные (отрицательные)*.

3 Определение метрологических характеристик

3.1 Определение основных относительных погрешностей системы microStar при измерении индивидуальных эквивалентов дозы $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ фотонного излучения с дозиметрами InLight+GA и InLight+BA

Результаты определения основной относительной погрешности системы microStar при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ фотонного излучения с дозиметрами InLight+GA представлены в таблице А.3.

Таблица А.3

| Номер дозиметра InLight+GA | Действительное значение $H_{p0}(10)$, мЗв | Показания дозиметра после обнуления $H_{p\phi}(10)$, мЗв | Показания $H_p(10)$, снятые с облученного дозиметра, мЗв | Измеренное значение $H_{pi}(10)$, мЗв | Относительная погрешность, Δ , % | Основная относительная погрешность при измерениях $H_p(10)$, δ , % |
|----------------------------|--|---|---|--|---|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| ... | | | | | | |

Результаты определения основной относительной погрешности системы microStar при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ фотонного излучения с дозиметрами InLight+GA представлены в таблице А.4.

Таблица А.4

| Номер дозиметра InLight+GA | Действительное значение $H_{p0}(0,07)$, мЗв | Показания дозиметра после обнуления $H_{p\phi}(0,07)$, мЗв | Показания $H_p(0,07)$, снятые с облученного дозиметра, мЗв | Измеренное значение $H_{pi}(0,07)$, мЗв | Относительная погрешность, Δ , % | Основная относительная погрешность при измерениях $H_p(0,07)$, δ , % |
|----------------------------|--|---|---|--|---|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| ... | | | | | | |

Результаты определения основных относительных погрешностей системы microStar при измерениях индивидуальных эквивалентов дозы $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ фотонного излучения с дозиметрами InLight+BA заносятся в таблицы, аналогичные таблицам А.3 и А.4 соответственно.

Пределы основной относительной погрешности системы microStar с дозиметрами InLight+BA при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ в полях нейтронного излучения составляют $\pm 30\%$.

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

3.4 Определение основной относительной погрешности системы microStar при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ фотонного излучения с дозиметрами InLight nanoDot

Результаты определения основной относительной погрешности системы microStar измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ фотонного излучения с дозиметрами InLight nanoDot заносятся в таблицу, аналогичную Таблице А.3.

Пределы основной относительной погрешности системы microStar с дозиметрами InLight nanoDot при измерениях индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ в полях фотонного излучения составляют $\pm 20\%$ в диапазоне индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ от 0,1 до 10 мЗв, $\pm 10\%$ в диапазоне индивидуального эквивалента дозы $H_p(0,07)$ от 10 мЗв до 10 Зв.

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

3.5 Определение энергетической зависимости чувствительности системы microStar при измерениях $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ в полях фотонного излучения с дозиметрами InLight+GA и InLight+BA

Результаты определения энергетической зависимости чувствительности системы microStar при измерениях $H_p(10)$ в полях фотонного излучения с дозиметрами InLight+GA представлены в таблице А.7.

Таблица А.7

| Номер дозиметра InLight+GA | Действительное значение $H_{p0}(10)$, мЗв | Показания дозиметра после обнуления $H_{p\phi}(10)$, мЗв | Показания $H_p(10)$, снятые с облученного дозиметра, мЗв | Измеренное значение $H_{pi}(10)$, мЗв | Коэффициент чувствительности, k_i | Энергетическая зависимость чувствительности, η , % |
|----------------------------|--|---|---|--|-------------------------------------|---|
| Режим N40 | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| Режим N250 | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Результаты определения энергетической зависимости чувствительности системы microStar при измерениях $H_p(0,07)$ в полях фотонного излучения с дозиметрами InLight+GA представлены в таблице А.8.

Таблица А.8

| Номер дозиметра InLight+GA | Действительное значение $H_{p0}(0,07)$, мЗв | Показания дозиметра после обнуления $H_{pф}(0,07)$, мЗв | Показания $H_p(0,07)$, снятые с облученного дозиметра, мЗв | Измеренное значение $H_{pi}(0,07)$, мЗв | Коэффициент чувствительности, k_i | Энергетическая зависимость чувствительности, η , % |
|----------------------------|--|--|---|--|-------------------------------------|---|
| Режим N40 | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| Режим N250 | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Результаты определения энергетической зависимости чувствительности системы microStar при измерениях индивидуальных эквивалентов дозы $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ фотонного излучения с дозиметрами InLight+BA заносятся в таблицы, аналогичные таблицам А.7 и А.8 соответственно.

Энергетическая зависимость чувствительности системы microStar при измерениях $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ с дозиметрами в полях фотонного излучения InLight+GA составляет $\pm 20\%$, с дозиметрами InLight+BA составляет $\pm 25\%$.

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

Выводы (результаты поверки)

Выдано свидетельство о поверке № (извещение о непригодности №)

Дата поверки:

Поверитель