Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор
ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

_____ А.Н. Пронин

«03» 07 2026 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Дозиметры Д-16-02
Методика поверки
МП 2103-070-2026

И.о. руководителя научно-
исследовательского отдела
измерений ионизирующих излучений
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

_____Г.В. Жуков

Инженер I категории
научно-исследовательской лаборатории
госэталонов в области дозиметрии бета,
рентгеновского, гамма и тормозного
излучения
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

_____В.П. Невзорова

Санкт-Петербург
2026 г.

Содержание

1 Общие положения…… 3
2 Перечень операций поверки средства измерений 4
3 Требования к условиям проведения поверки 4
4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку 5
5 Метрологические и технические требования к средствам поверки 5
6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки 6
7 Внешний осмотр средства измерений 6
8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений.....6
9 Проверка программного обеспечения средства измерений 7
10 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям 8
11 Оформление результатов поверки ……11
Приложение А……..……12

1 Общие положения

Настоящая методика поверки (далее – МП) применяется для поверки дозиметров Д-16-02 (далее по тексту – Д-16-02), предназначенных для измерений мощности индивидуального эквивалента дозы в мягкой ткани на глубине 10 мм (далее – МИЭД) и индивидуального эквивалента дозы в мягкой ткани на глубине 10 мм (далее – ИЭД) фотонного излучения.

В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические требования к средству измерений

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений МИЭД фотонного излучения, Зв/ч	от $1 \cdot 10^{-6}$ до 9,99
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений МИЭД в поле излучения источника на основе радионуклида ^{137}Cs, %	$\pm (15 + K_1/H + K_2 \cdot H)$, где H - значение МИЭД, мЗв/ч, K_1 - коэффициент, равный 0,02 (мЗв/ч), K_2 - коэффициент, равный 0,002 $(мЗв/ч)^{-1}$
Диапазон измерений ИЭД фотонного излучения, мкЗв	от 1 до $0{,}999 \cdot 10^7$
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений ИЭД в поле гамма-излучения источника на основе радионуклида ^{137}Cs, %	±15

Поверка проводится методом прямых измерений МИЭД и ИЭД на установках эталонных дозиметрических мощности амбиентного эквивалента дозы с набором источников ^{137}Cs – рабочих эталонов не ниже 2-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений кермы в воздухе, мощности кермы в воздухе, экспозиционной дозы, мощности экспозиционной дозы, амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы и потока энергии рентгеновского и гамма-излучений (далее – ГПС), утвержденной приказом Росстандарта от 31.12.2020 г. № 2314.

Поверка обеспечивает прослеживаемость поверяемого средства измерений к Государственному первичному эталону единиц кермы в воздухе, мощности кермы в воздухе, экспозиционной дозы, мощности экспозиционной дозы и потока энергии рентгеновского и гамма-излучений ГЭТ 8-2019 в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 31.12.2020 г. № 2314.

Настоящая МП устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

Примечание – При пользовании настоящей МП целесообразно проверить действие ссылочных документов по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей МП следует руководствоваться заменяющим (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

2 Перечень операций поверки средства измерений

При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции при проведении поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1 Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
3 Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
4 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10
4.1 Проверка диапазона измерений МИЭД фотонного излучения и определение основной относительной погрешности измерений МИЭД в поле гамма-излучения источника на основе радионуклида ^{137}Cs	Да	Да	10.1
4.2 Проверка диапазона измерений ИЭД фотонного излучения и определение основной относительной погрешности измерений ИЭД в поле гамма-излучения источника на основе радионуклида ^{137}Cs	Да	Да	10.2
4.3 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10.3

3 Требования к условиям проведения поверки

Поверка должна быть проведена при соблюдении следующих условий:

– температура окружающего воздуха от +15 °С до +25 °С;

– относительная влажность воздуха не более 80 % при 25 °С;

– атмосферное давление от 86 до 106,7 кПа;

– фон гамма-излучения не более 0,20 мкЗв/ч.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению измерений и обработке результатов измерений допускаются лица, имеющие профессиональные знания в области измерений ионизирующих излучений, имеющие допуск к работе с источниками ионизирующих излучений, допущенные к поверке средств измерений в установленном порядке.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

Метрологические и технические требования к средствам поверки указаны в таблице 3. Эталоны и средства измерений должны быть исправны и иметь действующие свидетельства об аттестации эталона или актуальные сведения о результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (ФИФ ОЕИ).

Таблица 3 – Эталоны и средства измерений, применяемые при поверке

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средство измерений температуры в диапазоне от +10 ºС до +40 ºС, абсолютная погрешность (по модулю) не более 0,5 ºС Средство измерений атмосферного давления в диапазоне от 80 до 107 кПа, абсолютная погрешность (по модулю) не более 1 кПа. Средство измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 % до 90 %, абсолютная погрешность (по модулю) не более 5 %.	Приборы контроля параметров воздушной среды – «Метеометр МЭС-200А», рег. № в ФИФ ОЕИ 27468-04
	Средство измерений мощности амбиентного эквивалента дозы в диапазоне измерений от 0,1 мкЗв/ч до 1 мЗв/ч, погрешность (по модулю) не более ± 30 %	Дозиметры рентгеновского и гамма-излучения ДКС-АТ1121, рег. № в ФИФ ОЕИ 19793-14
Проверка диапазона измерений МИЭД фотонного излучения и определение основной относительной погрешности измерений МИЭД фотонного излучения; Проверка диапазона измерений ИЭД фотонного излучения и определение основной относительной погрешности измерений ИЭД фотонного излучения	Рабочий эталон не ниже 2-го разряда по ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 31.12.2020 г. № 2314: установка эталонная дозиметрическая мощности амбиентного эквивалента дозы с набором источников ^{137}Cs. Диапазон измерений от 1 до $10 \cdot 10^6$ мкЗв/ч, относительная погрешность (P=0,95) (по модулю) не более 7 %.	Установки дозиметрические гамма-излучения УДГ-АТ130, рег. № в ФИФ ОЕИ № 44761-15
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)», СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)», требования безопасности, изложенные в соответствующих разделах эксплуатационной документации на поверяемое средство измерений и средства поверки, и правила техники безопасности, действующие на предприятии.

7 Внешний осмотр средства измерений

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

– наличие эксплуатационной документации СУДЕ.412113.016.02 РЭ «Дозиметр Д-16-02. Руководство по эксплуатации» (далее – РЭ);

– соответствие внешнего вида описанию и изображению, приведенному в описании типа;

– читаемость и соответствие маркировки описанию типа;

– отсутствие механических повреждений.

Результаты внешнего осмотра считают положительными, если подтверждаются все требования, указанные в разделе 7.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Проводят контроль условий поверки путем измерений температуры, относительной влажности окружающего воздуха, атмосферного давления, фона гамма-излучения. Полученные результаты должны соответствовать требованиям к условиям проведения поверки, указанным в п. 3.

8.2 Подготовка Д-16-02 к поверке выполняется согласно разделу 2 РЭ.

8.3 Включают прибор и переходят в режим индикации МИЭД.

8.4 Результаты опробования считают положительными, если на жидкокристаллическом индикаторе (ЖКИ) отсутствуют сообщения об ошибках и выводится значение фоновой МИЭД.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Проверка программного обеспечения (ПО) заключается в проверке соответствия идентификационных данных ПО требованиям, указанным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Встроенное ПО	
Идентификационное наименование ПО	Д-16-02
Номер версии (идентификационный номер) ПО	3X
Цифровой идентификатор ПО	-
Внешнее сервисное ПО «Dose Reader»	
Идентификационное наименование ПО	Dose Reader
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.Y
Цифровой идентификатор ПО	-
Примечания: 1) Элемент в обозначении номера версии, замененный символом «X», отвечает за метрологически незначимую часть, «X» может принимать буквенные значения от a до z; 2) Элемент в обозначении номера версии, замененный символом «Y», отвечает за метрологически незначимую часть, «Y» может принимать значения от 0 до 9.	

9.2 При считывании информации с прибора в сервисном ПО «Dose Reader» отображаются идентификационное наименование, номер версии встроенного ПО (рис.1).

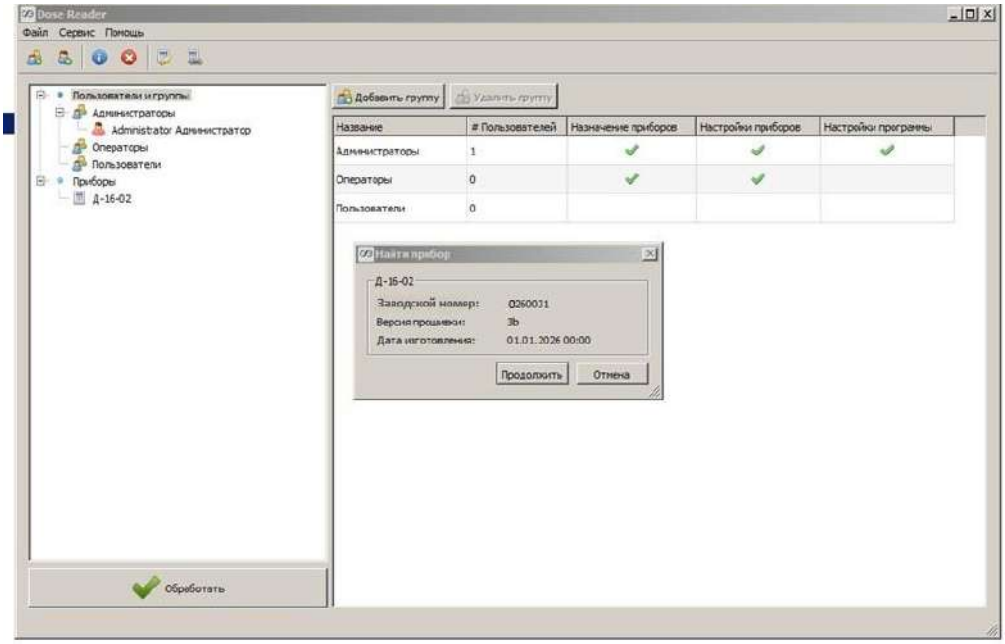


Рисунок 1 – Отображение идентификационных данных встроенного ПО

9.3 Номер версии внешнего ПО «Dose Reader» отображается в разделе «О программе» (рис. 2).

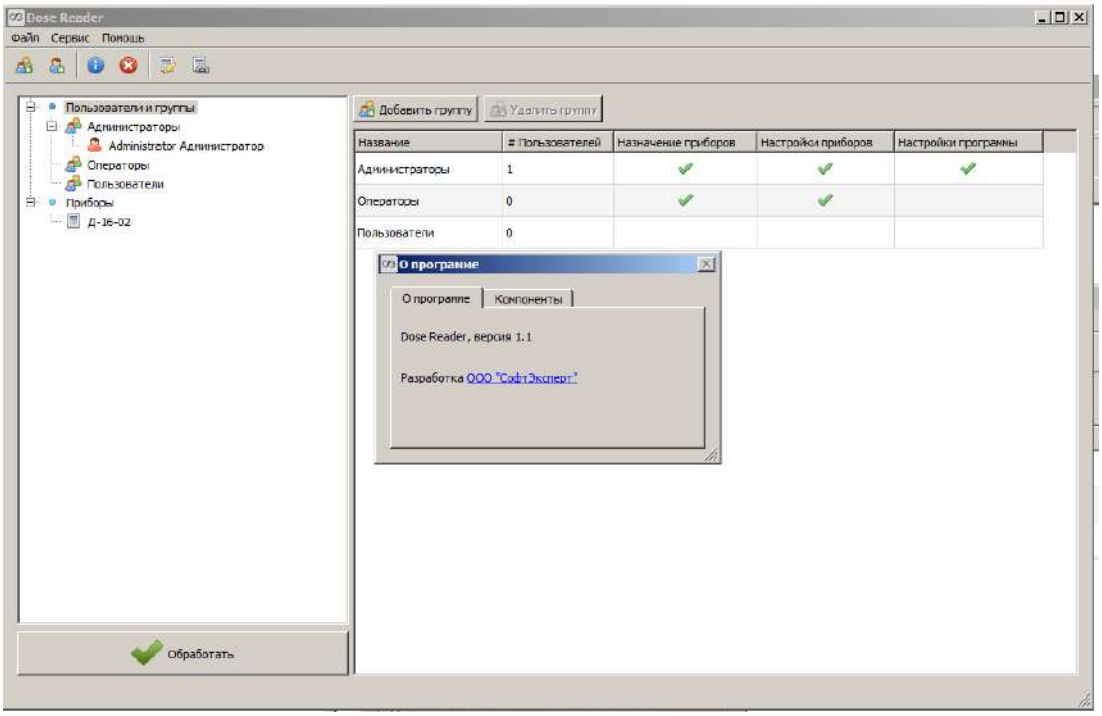


Рисунок 2 – Отображение идентификационных данных сервисного ПО «Dose Reader»

9.4 Результаты проверки ПО считают положительными, если идентификационное наименование и номер версии ПО соответствует указанному в таблице 4.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Проверка диапазона измерений МИЭД фотонного излучения и определение основной относительной погрешности измерений МИЭД в поле гамма-излучения источника на основе радионуклида ^{137}Cs

10.1.1 Проверку диапазона измерений МИЭД фотонного излучения и определение основной относительной погрешности МИЭД в поле гамма-излучения источника на основе радионуклида ^{137}Cs проводят в полях гамма-излучения ^{137}Cs дозиметрических установок.

10.1.2 Размещают Д-16-02 на эталонной дозиметрической установке на поверхности фантома таким образом, чтобы центральная ось коллимированного пучка фотонного излучения проходила через центр чувствительной области Д-16-02, а размер сечения пучка в плоскости, перпендикулярной оси пучка и проходящей через центр чувствительной области Д-16-02, полностью перекрывал его чувствительную область. Д-16-02 следует располагать дисплеем к источнику излучения. Схема расположения центра чувствительной области Д-16-02 приведена на рисунке 3.

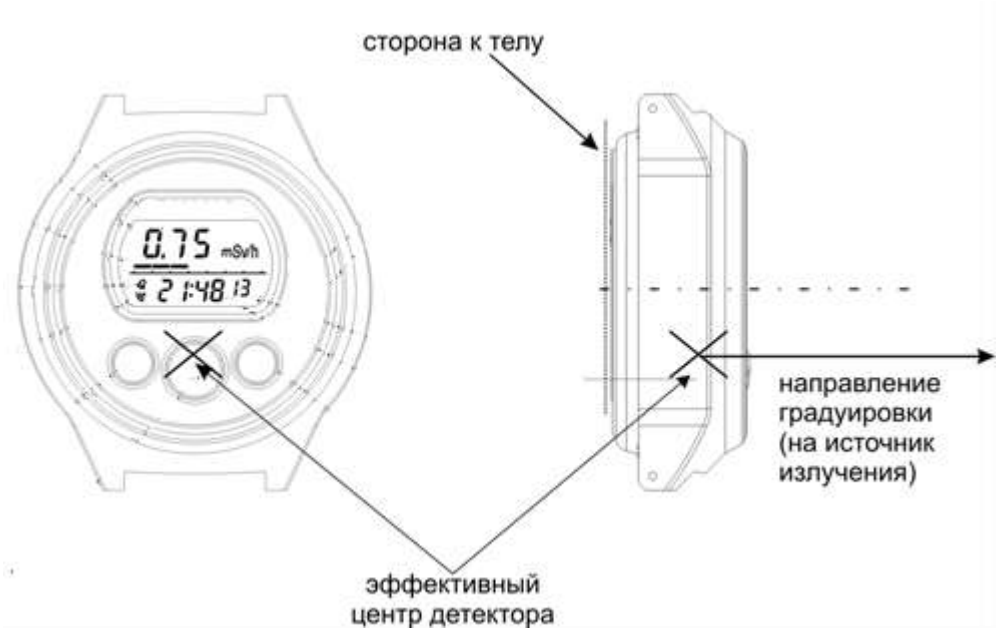


Рисунок 3 – Схема расположения центра чувствительной области Д-16-02

10.1.3 При закрытом коллиматоре установки выполняют не менее 7 измерений фона, рассчитывают среднее арифметическое значение МИЭД фона и его СКО по формулам

$$\overline{M}_f = \frac{\sum_{i=1}^{n} M_{fi}}{n}, \quad (1)$$

$$S_f = \frac{1}{\overline{M}_f}\sqrt{\frac{\sum_{i}^{n}\left(M_{fi}-\overline{M}_f\right)^2}{n(n-1)}} \cdot 100, \quad (2)$$

где M_{fi} – МИЭД фона в *i-м* измерении, мкЗв/ч;

$\overline{M}_f$ – среднее арифметическое значение МИЭД фона, мкЗв/ч;

n – число повторных измерений фона;

S_f – СКО среднего арифметического значения МИЭД фона, %.

10.1.4 Проводят измерения МИЭД в одной проверочной точке в каждом из диапазонов: от 1 до 100 мкЗв/ч, от 100 до 10^4 мкЗв/ч, от 10^4 мкЗв/ч до 9,99 Зв/ч. Измерения выполняют в соответствии с п.2.4 РЭ.

10.1.5 В верхней проверочной точке допускается использовать метод эквивалентного поля (метод подобия) по ГОСТ 25935-83.

10.1.6 В каждой точке выполняют не менее 7 измерений МИЭД, вычисляют среднее арифметическое значение МИЭД и СКО среднего арифметического значения МИЭД по формулам

$$\overline{M}_{\text{изм}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} M_{\text{изм}i}}{n}, \quad (3)$$

$$S_{M\text{изм}} = \frac{1}{\overline{M}}\sqrt{\frac{\sum_{i}^{n}\left(M_{\text{изм}i}-\overline{M}_{\text{изм}}\right)^2}{n(n-1)}} \cdot 100, \quad (4)$$

где $M_{\text{изм}i}$ – МИЭД в *i-м* измерении по показаниям прибора, мкЗв/ч;

$\overline{M}_{\text{изм}}$ – среднее арифметическое МИЭД, мкЗв/ч;

n – число измерений МИЭД в проверочной точке;

$S_{M\text{изм}}$ – СКО среднего арифметического значения МИЭД, %.

10.1.7 Вычитают фоновое значение и вычисляют СКО среднего арифметического значения МИЭД с поправкой на фон по формулам

$$M = \overline{M}_{\text{изм}} - \overline{M}_f, \quad (5)$$

$$S = \sqrt{\left(\frac{\overline{M}_{\text{изм}}}{\overline{M}_{\text{изм}} - \overline{M}_f} S_{M\text{изм}}\right)^2 + \left(\frac{\overline{M}_f}{\overline{M}_{\text{изм}} - \overline{M}_f} S_f\right)^2}, \quad (6)$$

где M – среднее значение МИЭД с поправкой на фон, мкЗв/ч;
S – СКО среднего арифметического значения МИЭД с поправкой на фон, %;

10.1.8 Рассчитывают границы неисключенной систематической погрешности (НСП) МИЭД (Р= 0,95) по формуле

$$\theta_\Sigma = \pm 1{,}1 \cdot \sqrt{\theta_0^2 + \delta_0^2 + \theta^2}, \quad (7)$$

где θ_0 – относительная погрешность эталонного значения МИЭД (из паспорта эталона или свидетельства о поверке (протокола поверки) установки, поверенной в качестве эталона), %;
$\delta_0 = 0{,}6$ % – погрешность метода передачи;
θ – систематическая погрешность прибора, %, определенная по формуле

$$\theta = \frac{M - M_0}{M_0} \cdot 100, \quad (8)$$

где M – среднее значение МИЭД с поправкой на фон, полученное по формуле (5), мкЗв/ч;
M_0 – эталонное значение МИЭД, мкЗв/ч.

10.1.9 Рассчитывают среднее квадратическое отклонение НСП S_θ, %, по формуле

$$S_\theta = \sqrt{\frac{\theta_0^2}{4} + \frac{\delta_0^2}{3} + \frac{\theta^2}{3}}. \quad (9)$$

10.1.10 Вычисляют доверительные границы ε (без учета знака) случайной погрешности по формуле

$$\varepsilon = t \cdot S, \quad (10)$$

где t – коэффициент Стьюдента, который в зависимости от доверительной вероятности и числа результатов измерений находят по таблице, приведенной в приложении Д ГОСТ Р 8.736-2011 (для $n = 7$ и $p = 0{,}95$ $t = 2{,}447$).

10.1.11 Относительную погрешность Δ (без учета знака) вычисляют по формуле

$$\Delta = K \cdot S_\Sigma, \quad (11)$$

где $K = \frac{\varepsilon + \theta_\Sigma}{S + S_\theta}$ – коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и НСП;

$S_\Sigma = \sqrt{S_\theta^2 + S^2}$ – суммарное СКО, %.

10.1.12 Результат поверки по п. 10.1 считается положительным, если в каждом из диапазонов по п. 10.1.4 относительная погрешность измерений МИЭД Δ, вычисленная по формуле (11), составляет не более (15 + $К_1$/Н + $К_2$·Н), где Н - значение МИЭД, мЗв/ч, $К_1$ - коэффициент, равный 0,02 (мЗв/ч), $К_2$ - коэффициент, равный 0,002 (мЗв/ч)$^{-1}$.

10.2 Проверка диапазона измерений ИЭД фотонного излучения и определение основной относительной погрешности измерений ИЭД в поле гамма-излучения источника на основе радионуклида ^{137}Cs

10.2.1 Проверку диапазона измерений ИЭД и определение основной относительной погрешности ИЭД в поле гамма-излучения источника на основе радионуклида ^{137}Cs проводят в полях гамма-излучения ^{137}Cs дозиметрических установок.

10.2.2 Размещают Д-16-02 на эталонной дозиметрической установке согласно п. 10.1.2.

10.2.3 Проводят измерения ИЭД в одной проверочной точке в диапазоне от 10 до 10^7 мкЗв, при этом время набора ИЭД не должно превышать 600 с. Измерения выполняют в соответствии с п. 2.4 РЭ. Количество измерений должно быть не менее 7.

10.2.4 Обработку результатов измерений проводят аналогично п.10.1.6 – 10.1.11, при этом значения M_f и S_f приравнивают к 0.

10.2.5 Результат проверки по п. 10.2 считается положительным, если относительная погрешность измерений ИЭД Δ, вычисленная по формуле (11), составляет не более 15 %.

10.3 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям.

Д-16-02 признают соответствующим метрологическим требованиям, указанным в таблице 1, если при первичной или периодической поверке операции по пп. 8, 9, 10.1 – 10.2 выполнены с положительным результатом;

Д-16-02 признают несоответствующим метрологическим требованиям, указанным в таблице 1, если при первичной или периодической поверке хотя бы одна из операций по пп. 7, 8, 9.1 – 9.2 выполнена с отрицательным результатом.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Все результаты поверки заносят в протокол поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в Приложении А.

11.2 Сведения о результатах поверки средства измерений в целях подтверждения поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в установленном порядке.

11.3 По письменному заявлению владельца средства измерений или лица, предоставившего средство измерений на поверку, на средство измерений, прошедшее поверку с положительным результатом, выдается свидетельство о поверке установленной формы.

11.4 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

11.5 Средство измерений, не прошедшее поверку, к обращению не допускается. По письменному заявлению владельца средства измерений или лица, предоставившего средство измерений на поверку, на средство измерений выдается извещение о непригодности установленной формы с указанием причин несоответствия.

Приложение А
(рекомендуемое)

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ
№ _____ от _____ г.

Наименование средства измерений, тип	
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений	
Заводской номер	
Изготовитель	
Год выпуска	
Заказчик (наименование и юридический адрес)	

Вид поверки:_____(*первичная*/*периодическая*)
Методика поверки:_____
Средства поверки:

Наименование и регистрационные номера эталона, СИ в Федеральном информационном фонде	Метрологические характеристики	Примечание

Условия поверки:

Параметры	Требования НД	Измеренные значения
Температура окружающего воздуха, °С	от +15 до +25	
Атмосферное давление, кПа	от 86 до 106,7	
Относительная влажность воздуха, %	не более 80 при 25 °С	
Фон внешнего гамма-излучения, мкЗв/ч, не более	0,2	

Результаты поверки:

1 Внешний осмотр средства измерений

Внешний вид, маркировка *соответствует (не соответствует)* требованиям эксплуатационной документации и описанию типа.
Внешние повреждения *отсутствуют (присутствуют).*
Вывод: результаты проверки: *положительные (отрицательные).*

2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений
Прибор *работоспособен (не работоспособен)*.
Сообщения об ошибках *отсутствуют (имеются; указать содержание)*.
Результаты опробования *положительные (отрицательные).*

3 Проверка программного обеспечения средства измерений
Таблица 1 – Сравнение идентификационных данных ПО

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии ПО	Номер версии ПО при поверке

Результаты подтверждения сохранности ПО *положительные (отрицательные).*

4 Определение метрологических характеристик

Таблица 2 – Проверка диапазона измерений МИЭД фотонного излучения и определение основной относительной погрешности измерений МИЭД в поле гамма-излучения источника на основе радионуклида ^{137}Cs

МИЭД, мкЗв/ч Эталон	Измеренная МИЭД, мкЗв/ч	Относительная погрешность измерений МИЭД (P=0,95), %	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений МИЭД, %
			$\pm (15 + K_1/H + K_2 \cdot H)$ где H - значение МИЭД, мЗв/ч, K_1 - коэффициент, равный 0,02 (мЗв/ч), K_2 - коэффициент, равный 0,002 $(мЗв/ч)^{-1}$

Результаты проверки диапазона измерений МИЭД фотонного излучения и определения основной относительной погрешности измерений МИЭД в поле гамма-излучения источника на основе радионуклида ^{137}Cs *положительные (отрицательные)*.

Таблица 3 – Проверка диапазона измерений ИЭД фотонного излучения и определение основной относительной погрешности измерений ИЭД в поле гамма-излучения источника на основе радионуклида ^{137}Cs

ИЭД, мкЗв Эталон	Измеренный ИЭД, мкЗв	Относительная погрешность измерений ИЭД (P=0,95), %	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений ИЭД, %
			±15

Результаты проверки диапазона измерений ИЭД гамма-излучения и определения основной относительной погрешности измерений ИЭД в поле гамма-излучения источника на основе радионуклида ^{137}Cs *положительные (отрицательные)*.

Заключение:

Дозиметр Д-16-02 заводской № _____ *соответствует (не соответствует)* предъявляемым требованиям и признан *пригодным (непригодным)* к применению.

На основании результатов поверки выдано (по заявлению заказчика):

Свидетельство о поверке № _____ от _____ г.
(Извещение о непригодности № _____ от _____ г.
Причина непригодности: _____)

Номер записи сведений о результатах поверки в ФИФ:

Поверку выполнил

_____	_____	_____
ФИО	подпись	Дата

1 Частичное воспроизведение протокола не допускается без разрешения организации, выдавшей протокол поверки.
2 Полученные результаты относятся только к указанным в протоколе объектам поверки.