

СОГЛАСОВАНО
Заместитель генерального директора
по метрологии
ФБУ «УРАЛТЕСТ»



Д. Г. Дедков

2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Блоки детектирования фотонного ионизирующего излучения БДКГ-301А

Методика поверки

МП 4101-1/0364-2024

Екатеринбург
2024

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки блоков детектирования фотонного ионизирующего излучения БДКГ-301А (далее – БДКГ-301А), используемых в качестве рабочих средств измерений.

1.2 При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость поверяемых БДКГ-301А 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 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, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31.12.2020 № 2314 (далее – государственная поверочная схема, утвержденная приказом Росстандарта от 31.12.2020 № 2314).

1.3 Методика поверки реализуется методом прямых измерений величин, воспроизводимых эталоном.

1.4 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в приложении А.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки БДКГ-301А должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Операции поверки

| Наименование операции | Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки | Обязательность выполнения операций поверки при | |
|--|--|--|-----------------------|
| | | первичной поверке | периодической поверке |
| Внешний осмотр средства измерений | 7 | да | да |
| Подготовка к поверке и опробование средства измерений | 8 | да | да |
| Проверка программного обеспечения средства измерений | 9 | да | да |
| Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям - определение относительной погрешности измерения мощности амбиентного эквивалента дозы фотонного ионизирующего излучения | 10 10.1 | да | да |

2.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций поверка прекращается, БДКГ-301А признают непригодным к применению.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха: от плюс 15 °С до плюс 25 °С.
- относительная влажность воздуха: от 30 % до 80 %;
- атмосферное давление: от 84,0 до 106,7 кПа;
- внешний фон гамма-излучения: не более 0,25 мкЗв/ч.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица (сотрудники) организаций, аккредитованных в установленном порядке на право поверки средств измерений характеристик ионизирующих излучений и ядерных констант, изучившие эксплуатационную документацию на БДКГ-301А, эталоны, средства измерений, применяемые при поверке и допущенные к работам с источниками ионизирующих излучений в установленном порядке.

4.2 Поверка проводится одним специалистом.

Примечание – Допускается поверка двумя специалистами: в области рентгеновской дозиметрии и гамма-дозиметрии.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, приведенные в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Средства поверки

| Операции поверки, требующие применение средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|---|---|--|
| п.8.1 Подготовка к поверке и опробование средства измерений | Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от +15 °С до +25 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 % с абсолютной погрешностью не более 3 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84,0 до 107,0 кПа с абсолютной погрешностью не более 3 гПа; | Прибор комбинированный для контроля параметров окружающей среды MeteoSmart, рег. № 76455-19. |
| | Средства измерений мощности амбиентного эквивалента дозы внешнего гамма-фона от 0,01 до 1 мкЗв/ч с относительной погрешностью не более 20 %; | Дозиметр гамма-излучения ДКГ-07Д «Дрозд», рег. № 27537-04 |
| п.10.1 Определение относительной погрешности измерения мощности амбиентного | Рабочий эталон единицы мощности амбиентного эквивалента дозы (далее - МАЭД) фотонного излучения (радионуклид Cs-137) не ниже 2 разряда в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной | Установка дозиметрическая гамма-излучения УДГ-АТ130, рег. № 44761-15 |

| Операции поверки, требующие применение средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|--|--|---|
| эквивалента дозы фотонного излучения | приказом Росстандарта от 31.12.2020 № 2314, диапазон МАЭД от 1 мкЗв/ч до 10 мЗв/ч* | |
| | Рабочий эталон единицы МАЭД и (или) мощности кермы в воздухе 1 разряда (дозиметры эталонные) в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 31.12.2020 № 2314** | Дозиметр ДКС-АТ5350, рег. № 26433-19 (далее – дозиметр) |
| | Рентгеновский аппарат с набором аттестованных фильтров (поле рентгеновского излучения серии Н-150 по ISO 4037-1:2019 «Радиационная защита. Эталонное рентгеновское и гамма-излучение для калибровки дозиметров и интенсиметров и определения их чувствительности в зависимости от энергии фотонов. Часть 1. Характеристики излучения и методы его получения»)*, характеристики режима работы рентгеновского аппарата: - напряжение на трубке 150 кВ; - средняя энергия 78 кэВ; - рекомендованное значение собственной фильтрации Al 4 мм; - толщина дополнительного фильтра Cu 0,5 мм; - отношение амбиентного эквивалента дозы к керме в воздухе Н*(10)/Ка равно 1,67 Зв/Гр*** | Рентгеновский аппарат Экстравольт-Е160/Р1600 |

* Допускается применение рабочего эталона единицы МАЭД фотонного излучения (радионуклид Cs-137) не ниже 2 разряда в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 31.12.2020 № 2314, с другим диапазоном МАЭД, обеспечивающим воспроизведение значений МАЭД во всех контрольных точках в соответствии с таблицей 10.1;

** Допускается применение установки поверочной рентгеновского излучения - рабочего эталона единицы МАЭД и (или) мощности кермы в воздухе не ниже 2 разряда (установки эталонные дозиметрические) в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 31.12.2020 № 2314;

*** ISO 4037-3:2019 «Радиационная защита. Эталонное рентгеновское и гамма-излучение для калибровки дозиметров и интенсиметров и определения их чувствительности в зависимости от энергии фотонов. Часть 3. Калибровка дозиметров для окружающей среды и индивидуальных дозиметров и измерение их чувствительности в зависимости от энергии и угла падения излучения»

5.2 Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице 5.1.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП)» и «Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТЭЭ)» (при поверке с применением рентгеновской установки/аппарата), ОСПОРБ-99/2010, НРБ-99/2009, а также приведенные в эксплуатационной документации БДКГ-301А и используемых средств поверки.

Примечание – При использовании настоящей методики поверки целесообразно проверить действие ссылочных нормативных документов. Если заменен ссылочный нормативный документ, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении внешнего осмотра БДКГ-301А следует убедиться в отсутствии механических повреждений и дефектов, влияющих на их метрологические характеристики.

7.2 Комплектность БДКГ-301А должна соответствовать описанию типа.

7.3 Внешний вид БДКГ-301А должен соответствовать описанию и изображению, приведенному в описании типа.

7.4 Визуально определяется состояние кабелей, разъемов и надежность крепления блока детектирования и целостность пломбы.

7.5 Результаты внешнего осмотра считают положительными, если выполняются требования, указанные в 7.1 - 7.4.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Проверяют соблюдение условий в соответствии с разделом 3.

8.1.2 Подготавливают к работе средства поверки в соответствии с их эксплуатационной документацией.

8.1.3 БДКГ-301А подготавливают к работе в соответствии с руководством по эксплуатации.

8.1.4 Установить на персональный компьютер программное обеспечение «Магнолия» с электронного носителя из комплекта поставки БДКГ-301А.

8.2 Опробование

8.2.1 После подключения БДКГ-301А к персональному компьютеру в главном окне программного обеспечения «Магнолия» должны появиться сведения о его заводском номере и модификации, произвести сличение этих данных с данными на маркировочной табличке.

8.2.2 БДКГ-301А должен производить непрерывное измерение МАЭД в циклическом режиме.

8.3 Результаты подготовки к поверке и опробования считают положительными, если выполняются требования, указанные в 8.1 и 8.2.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Проверку идентификационных данных встроенного программного обеспечения (далее – ПО) БДКГ-301А проводят путем считывания номера версии, отображаемого в главном окне ПО «Магнолия» после подключения БДКГ-301А к персональному компьютеру.

9.2 Результаты проверки ПО считают положительными, если идентификационные данные встроенного ПО (номер версии) соответствуют значениям, приведенным в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Идентификационные данные программного обеспечения

| Идентификационные данные (признаки) | Значение |
|--|-----------|
| Идентификационное наименование ПО | BDKG-301A |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО | 1.X.Y.Z* |
| *X, Y, Z – любые целые положительные числа | |

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Допускается проведение периодической поверки БДКГ-301А модификации БДКГ-301А-1 на меньшем числе поддиапазонов измерений по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку.

10.1 Определение относительной погрешности измерения мощности амбиентного эквивалента дозы фотонного ионизирующего излучения

10.1.1 В соответствии с рисунком 1 установить БДКГ-301А таким образом, чтобы ось пучка излучения совпала с центром детектора.

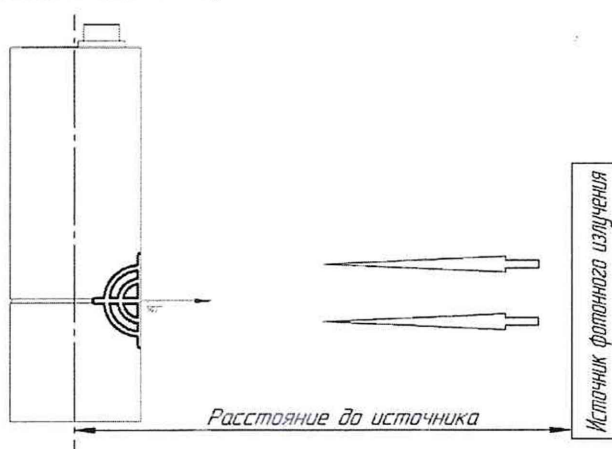


Рисунок 1 - Расположение блока детектирования в пучке фотонного ионизирующего излучения при поверке

10.1.2 Выполнить не менее десяти измерений фона МАЭД фотонного ионизирующего излучения, $H_{i\phi}$, мкЗв/ч, вычислить среднее арифметическое значение показаний $\bar{H}_{\phi}(10)$, мкЗв/ч, по формуле

$$\bar{H}_{\phi}(10) = \frac{1}{10} \cdot \sum_{i=1}^{10} H_{i\phi}(10) \quad (1)$$

10.1.3 В каждой контрольной точке i , приведенной в таблице 10.1, БДКГ-301А подвергают воздействию гамма-излучения с заданной МАЭД фотонного ионизирующего излучения.

Таблица 10.1 – Контрольные точки

| Номер контрольной точки i | Значение МАЭД фотонного ионизирующего излучения, воспроизводимое эталоном $\dot{H}^*(10)_s$ | Количество измерений | Модификация БДКГ-301А-1 | | Модификация БДКГ-301А-2 |
|-----------------------------|--|----------------------|--|-----------------------------|-------------------------|
| | | | от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ включ. | св. $1 \cdot 10^{-2}$ до 10 | |
| 1 | от 1 до 10 мкЗв/ч | 10 | + | - | + |
| 2 | от 10 до 100 мкЗв/ч | 10 | + | - | + |
| 3 | от 100 до 10000 мкЗв/ч | 10 | + | - | + |
| 4 | от 0,5 до 1 Зв/ч | 10 | - | + | - |
| 5 | от 1 до 10 Зв/ч | 10 | - | + | - |

Примечания

1. Значения МАЭД фотонного ионизирующего излучения, соответствующие контрольным точкам 1; 2 и 3, воспроизводят с помощью эталонов с источниками гамма-излучения с радионуклидом Cs-137.
2. Значение МАЭД фотонного ионизирующего излучения, соответствующие контрольным точкам 4 и 5, воспроизводят в поле рентгеновского излучения серии Н-150 по ISO 4037-1:2019 «Радиационная защита. Эталонное рентгеновское и гамма-излучение для калибровки дозиметров и интенсиметров и определения их чувствительности в зависимости от энергии фотонов. Часть 1. Характеристики излучения и методы его получения», создаваемого рентгеновским аппаратом относительно показаний рабочего эталона 1 разряда в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 31.12.2020 № 2314 – дозиметра.

10.1.4 Установить БДКГ-301А в поле фотонного ионизирующего излучения в первой контрольной точке в соответствии с таблицей 10.1 и измерить МАЭД фотонного ионизирующего излучения $\dot{H}^*(10)_i$, мкЗв/ч.

10.1.5 Вычислить среднее арифметическое значение МАЭД фотонного ионизирующего излучения $\bar{\dot{H}}^*(10)_{u+\phi}$, мкЗв/ч, по формуле

$$\bar{\dot{H}}^*(10)_{u+\phi} = \frac{1}{10} \cdot \sum_{i=1}^{10} \dot{H}^*(10)_i \quad (2)$$

10.1.6 Определить значение МАЭД фотонного ионизирующего излучения от источника $\bar{\dot{H}}^*(10)_u$, мкЗв/ч, по формуле

$$\bar{\dot{H}}^*(10)_u = \bar{\dot{H}}^*(10)_{u+\phi} - \bar{\dot{H}}^*(10)_\phi \quad (3)$$

10.1.7 Вычислить относительное среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности измерений σ , %, по формуле

$$\sigma = \frac{1}{\bar{\dot{H}}^*(10)_u} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\dot{H}^*(10)_u - \dot{H}^*(10)_i)^2}{9}} \cdot 100\% \quad (4)$$

10.1.8 Вычислить оценку систематической составляющей погрешности θ , %, по формуле

$$\Theta = \left| \frac{H^*(10)_u - H^*(10)_s}{H^*(10)_s} \right| \cdot 100\% \quad (5)$$

10.1.9 Вычислить верхнюю границу оценки относительной погрешности по формуле

$$\Delta^B = \Theta + \Delta_s, \quad (6)$$

где Δ_s – значение доверительной границы относительной погрешности воспроизведения эталоном МАЭД при доверительной вероятности 0,95.

10.1.10 Результаты поверки считают положительными при выполнении условий:

- квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности всех измерений удовлетворяет неравенству (7) (случайная составляющая погрешности измерений незначима)

$$\sigma \leq \frac{1}{8} |\Delta|, \quad (7)$$

где Δ – нормированное значение пределов допускаемой погрешности измерений МАЭД фотонного ионизирующего излучения БДКГ-301А, $\pm 15\%$;

- верхняя граница оценки относительной погрешности всех измерений удовлетворяет неравенству

$$\Delta^B \leq |\Delta| \quad (8)$$

10.1.11 Повторить измерения по п. 10.1.3 - 10.1.10 для остальных контрольных точек в соответствии с таблицей 10.1.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 По результатам поверки оформляют протокол поверки в произвольной форме.

11.2 Положительные результаты поверки БДКГ-301А оформляют в виде электронной записи, передаваемой в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, и, по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке.

11.3 Отрицательные результаты поверки БДКГ-301А оформляют в виде электронной записи, передаваемой в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, и, по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности.

11.4 Информация об объеме проведенной поверки передается в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений, предусмотренным частью 3 статьи 20 Федерального закона N 102-ФЗ.

Приложение А
(обязательное)

Таблица А.1 – Метрологические характеристики БДКГ-301А

| Наименование характеристики | Значение | |
|---|---|---|
| | БДКГ-301А-1 | БДКГ-301А-2 |
| Диапазон измерений МАЭД фотонного ионизирующего излучения, Зв/ч | от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ включ. св. $1 \cdot 10^{-2}$ до 10 | от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ |
| Пределы допускаемой относительной погрешности измерений МАЭД фотонного ионизирующего излучения, % | ± 15 | |