

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора по
метрологии
ФБУ «УРАЛТЕСТ»



Д. Г. Дедков

М.п.

« 10 »

февраля

2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Установки для измерения гамма-излучения
УГМ-03**

Методика поверки

МП 4101-1/0463-2025

Екатеринбург
2025

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки установок для измерения гамма-излучения УГМ-03 (далее – установка), используемых в качестве рабочих средств измерений.

1.2 При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость поверяемых установок 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 – приказ Росстандарта от 31.12.2020 № 2314) и к Государственному первичному эталону единиц активности радионуклидов, удельной активности, потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников ГЭТ 6-2016 в соответствии с ГОСТ 8.033-2023 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников» (далее – ГОСТ 8.033).

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

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

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

Таблица 2.1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер раздела (пункта) методики поверки	Обязательность проведения операции 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	10	-	-
Определение основной относительной погрешности измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (далее – МАЭД) гамма-излучения для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-02 и УГМ-03-03	10.1	да	да
Определение диапазона регистрируемых энергий гамма – излучения и основной относительной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности	10.2	да	да

Наименование операции	Номер раздела (пункта) методики поверки	Обязательность проведения операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
(ИНЛ)) спектрометрического канала установки для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-04			
Определение энергетического разрешения спектрометрического канала установки по линии 661,7 кэВ радионуклида Cs-137 для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-04	10.3	да	да
Определение эффективности регистрации спектрометрического канала установки для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-04 в пике полного поглощения в точечной геометрии на расстоянии 100 мм от эффективного центра детектора для радионуклидов Cs-137 по линии с энергией 661,7 кэВ, Eu-152 по линии с энергией 344,28 кэВ, Co-60 по линии с энергией 1332,5 кэВ	10.4	да	да
Определение долговременной нестабильности характеристики преобразования спектрометрического канала за 24 ч непрерывной работы установки для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-04	10.5	да	нет

2.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций поверка прекращается, установку признают непригодной к применению.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха: от плюс 15 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

К проведению поверки допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на установку, эталоны, средства измерений, применяемые при поверке, имеющие необходимую квалификацию, аттестованные в качестве поверителей.

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 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 основной относительной погрешности измерения МАЭД гамма-излучения для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-02 и УГМ-03-03	Эталон единицы МАЭД гамма-излучения (радионуклид Cs-137) не ниже 2-го разряда в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 31.12.2020 № 2314, с относительной погрешностью не более 5 % (далее – эталон единицы МАЭД гамма-излучения)	Установка дозиметрическая гамма-излучения УДГ-АТ130, рег. № 44761-15
	Средства измерений интервалов времени от 0 до 5 ч с абсолютной погрешностью не более 1 с	Секундомер электронный Интеграл С-01, рег. № 44154-16
п. 10.2 Определение диапазона регистрируемых энергий гамма – излучения и основной относительной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности (ИНЛ)) спектрометрического канала установки для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-04	Источники радионуклидные закрытые фотонного излучения эталонные ОСГИ-РТ с радионуклидами Co-60, Eu-152, Cs-137, Co-57, Th-228, Am-241 активностью не менее 10^3 Бк; рабочие эталоны не ниже 1-го разряда в соответствии с ГОСТ 8.033, с относительной погрешностью не более 3 %	Источники радионуклидные закрытые фотонного излучения эталонные ОСГИ-РТ, рег. № 74005-19
п. 10.3 Определение энергетического разрешения спектрометрического канала установки по линии 661,7 кэВ радионуклида Cs-137 для	Рабочий эталон не ниже 1-го разряда в соответствии с ГОСТ 8.033, с относительной погрешностью не более 3 % (Источник радионуклидный закрытый фотонного излучения	(далее – источники ОСГИ)

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-04	эталонный ОСГИ-РТ с радионуклидом Cs-137 активностью не менее 10^3 Бк).	
п. 10.4 Определение эффективности регистрации спектрометрического канала установки для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-04 в пике полного поглощения в точечной геометрии на расстоянии 100 мм от эффективного центра детектора для радионуклидов Cs-137 по линии с энергией 661,7 кэВ, Eu-152 по линии с энергией 344,28 кэВ, Co-60 по линии с энергией 1332,5 кэВ	Источники радионуклидные закрытые фотонного излучения эталонные ОСГИ-РТ с радионуклидами Co-60, Eu-152, Cs-137 активностью не менее 10^3 Бк; рабочие эталоны не ниже 1-го разряда в соответствии с ГОСТ 8.033, с относительной погрешностью не более 3 % Дистансерное устройство, обеспечивающее размещение источников на заданном расстоянии	Источники ОСГИ Поставляется в комплекте с установкой
п. 10.5 Определение долговременной нестабильности характеристики преобразования спектрометрического канала за 24 ч непрерывной работы установки для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-04	Рабочие эталоны не ниже 1-го разряда в соответствии с ГОСТ 8.033, с относительной погрешностью не более 3 % (Источники радионуклидные закрытые фотонного излучения эталонные ОСГИ-РТ с радионуклидами Th-228, Am-241 активностью не менее 10^3 Бк)	Источники ОСГИ

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)», ГОСТ 12.2.007.0-75, ОСПОРБ-99/2010, НРБ-99/2009, а также приведенные в эксплуатационной документации установки и используемых средств поверки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении внешнего осмотра установки следует убедиться в отсутствии механических повреждений и дефектов, влияющих на её метрологические характеристики.

7.2 Комплектность установки должна соответствовать описанию типа.

7.3 Внешний вид установки должен соответствовать описанию и изображению, приведенному в описании типа.

7.4 Результаты внешнего осмотра считают положительными, если выполняются требования, указанные в 7.1 - 7.3.

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 Установку подготавливают к работе в соответствии с руководством по эксплуатации (далее – РЭ).

8.2 Опробование

8.2.1 После включения установки необходимо проверить работоспособность в соответствии с руководством оператора RU.НДРП.12.20-01 34 «Конфигуратор УГМ-03».

8.2.2 Заводской номер установки в ПО «Конфигуратор УГМ-03» должен соответствовать заводскому номеру, указанному на шильде установки.

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) установки проводят путем считывания номера версии, отображаемого при запуске внешнего ПО «Конфигуратор приёмной станции УГМ-03», дополнительно проводят сверку заводского номера установки в ПО и на её шильде.

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 встроенного ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	–
Номер версии (идентификационный номер) ПО	3.0.7
Цифровой идентификатор ПО	–
Алгоритм вычисления идентификатора ПО	–

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

Допускается периодическая поверка установки для меньшего числа измеряемых величин по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку.

10.1 Определение основной относительной погрешности измерения МАЭД гамма-излучения для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-02 и УГМ-03-03

10.1.1 Подготовить установку к работе согласно РЭ.

10.1.2 Разместить установку на эталон единицы МАЭД гамма-излучения так, чтобы центральная ось коллимированного пучка излучения проходила через соответствующий эффективный центр детектора (чувствительный гамма-детектор, предназначенный для измерения низких значений МАЭД гамма-излучения, либо грубый гамма-детектор, предназначенный для измерения высоких значений МАЭД гамма-излучения). Центр чувствительного гамма-детектора обозначен пиктограммой «+2» на боковой части корпуса установки, центр грубого гамма-детектора обозначен пиктограммой «+1» на боковой части корпуса установки.

Расстояние от эффективного центра детектора до источника ионизирующего излучения в установке должно быть достаточным, чтобы оба детектора находились в равномерном однородном

поле излучения. Считывание измеренных значений МАЭД гамма-излучения проводить с помощью ПО «Конфигуратор УГМ-03».

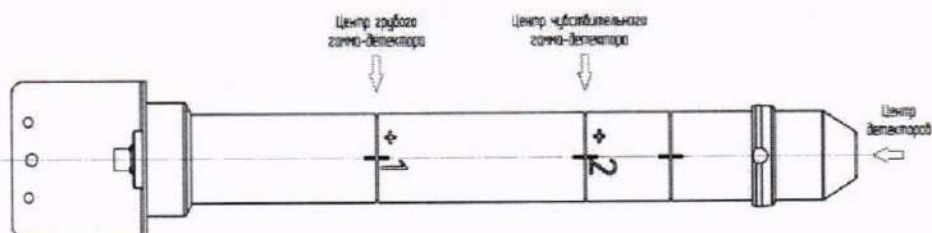


Рисунок 1 – Расположение центров детекторов

10.1.3 Подключить установку к ПК, включить установку в соответствии с её РЭ, установить на ПК ПО «Конфигуратор УГМ-03».

10.1.4 Не менее чем через 300 с после включения установки снять не менее десяти результатов измерений фона с интервалом не менее 60 с, $\dot{H}_{\phi i}(10)$, мкЗв/ч, в отсутствии поля гамма-излучения, вычислить среднее арифметическое значение показаний $\bar{H}_{\phi}(10)$, мкЗв/ч, по формуле:

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

где $\dot{H}_{\phi i}(10)$ – i -ое измерение фона МАЭД гамма-излучения, мкЗв/ч;

n – количество измерений фона МАЭД гамма-излучения.

10.1.5 Выполнить не менее десяти измерений МАЭД гамма-излучения, $\dot{H}_{ij}(10)$, мкЗв/ч, для чувствительного гамма-детектора в контрольных точках, указанных в таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Контрольные точки

Номер контрольной точки i	Время измерения фона	Количество измерений	МАЭД гамма-излучения, мкЗв/ч
Чувствительный гамма-детектор			
1	60 с	10	от $1 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^0$
2	60 с	10	от $1 \cdot 10^0$ до $1 \cdot 10^1$
3	60 с	10	от $1 \cdot 10^1$ до 50
Грубый гамма-детектор			
4	-	10	от 500 до $1 \cdot 10^4$
5	-	10	от $1 \cdot 10^4$ до $1 \cdot 10^7$
Примечание – Допускается не проводить измерения фона МАЭД гамма-излучения для контрольных точек 4 и 5.			

10.1.6 Вычислить среднее арифметическое значение МАЭД гамма-излучения $\bar{H}_j(10)$, мкЗв/ч, в j -той точке с учетом среднего значения фона по формуле:

$$\bar{H}_j(10) = \frac{\sum_{i=1}^n (\dot{H}_{ij}(10) - \bar{H}_{\phi}(10))}{n}, \quad (2)$$

где $\dot{H}_{ij}(10)$ – i -ое измерение МАЭД гамма-излучения в j -той точке, мкЗв/ч.

10.1.7 Определить относительную погрешность измерения МАЭД гамма-излучения установкой, $\Delta_{\dot{H}_j}$, %, для j -й точки, по формуле:

$$\Delta_{\dot{H}_j} = \frac{(\bar{H}_j(10) - \dot{H}_{0j}(10))}{\dot{H}_{0j}(10)} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где $\dot{H}_{0j}(10)$ – значение МАЭД гамма-излучения, воспроизводимое эталоном единицы МАЭД гамма-излучения в данной контрольной точке, мкЗв/ч.

10.1.8 Рассчитать доверительные границы относительной погрешности измерения МАЭД гамма-излучения (для доверительной вероятности $P = 0,95$) δ , %, по формуле:

$$\delta = 1,1 \cdot \sqrt{\Delta_{H_j}^2 + \theta_0^2} \quad (4)$$

где θ_0 – основная погрешность эталона (из сведений о поверке/аттестации на эталон единицы МАЭД гамма-излучения), %.

10.1.9 Результаты поверки по п.10.1 считают положительными, если полученные по формуле (4) значения основной относительной погрешности измерения МАЭД гамма-излучения не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности измерения МАЭД гамма-излучения, приведенных в таблице А.1.

10.2 Определение диапазона регистрируемых энергий гамма – излучения и основной относительной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности (ИНЛ)) спектрометрического канала установки для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-04

10.2.1 Используя держатель для источников ОСГИ (допускается и без него), напротив геометрического центра детектора, отмеченного на корпусе пиктограммой «+3», поочередно устанавливают источники ОСГИ (Am-241 (59,5 кэВ), Co-57 (122,06 кэВ), Eu-152 (344,28 кэВ, 778,9 кэВ, 964,1 кэВ), Cs-137 (661,7 кэВ), Co-60 (1173,2 кэВ, 1332,5 кэВ), Th-228 (2614,5 кэВ)), сочетание которых обеспечивает регистрацию не менее семи пиков полного поглощения в диапазоне регистрируемых энергий фотонного излучения от 50 до 3000 кэВ. Статистическая загрузка установки от каждого источника не должна превышать 1000 имп/с.

10.2.2 Включить установку и после установления рабочего режима начать набор спектра с помощью прикладного ПО «Конфигуратор УГМ-03». Длительность экспозиции устанавливают из условия, чтобы число импульсов в каждом пике полного поглощения было не менее 10000.

По окончании набора сохранить все спектры от источников ОСГИ для последующей обработки.

10.2.3 С помощью прикладного ПО «Конфигуратор УГМ-03» провести измерение фона при длительности экспозиции не менее 500 с.

По окончании набора сохранить спектр фона, он будет участвовать в дальнейшей обработке спектров.

10.2.4 Обработка спектров осуществляется в ПО «Анализатор спектра». Запустить ПО «Анализатор спектра», загрузить в него спектр фона и поочередно спектры от источников ОСГИ. Поставить «v» в строке «Учитывать фон». Установить курсором маркер в центроиду пика и во вкладке «Информация по пику» в строке «Центроида, канал/энергия, кэВ» считать информацию об измеренной энергии пика полного поглощения.

10.2.5 Для каждого пика рассчитать отклонение ΔE_{ti} , кэВ, измеренного значения энергии E_{mi} от табличного значения E_{ti} по формуле:

$$\Delta E_{ti} = |E_{ti} - E_{mi}| \quad (5)$$

Выбрать максимальное значение ΔE_{ti}^{max} из полученных разностей и рассчитать ИНЛ, %, по формуле:

$$\text{ИНЛ} = \frac{\Delta E_{ti}^{max}}{E_{max}} \cdot 100, \quad (6)$$

где E_{max} – энергия, соответствующая пику с наибольшей энергией из числа обрабатываемых, кэВ (т.е. это измеренная энергия Th-228).

10.2.6 Проверка ИНЛ одновременно является проверкой диапазона регистрируемых энергий.

10.2.7 Результаты поверки по п.10.2 считают положительными, если значения ИНЛ установки для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-04, рассчитанные по формуле (6), не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности характеристики ИНЛ, приведенных в таблице А.1.

10.3 Определение энергетического разрешения спектрометрического канала установки по линии 661,7 кэВ радионуклида Cs-137 для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-04

10.3.1 Используя держатель для источников ОСГИ (допускается и без него), установить источник ОСГИ с радионуклидом Cs-137 на расстояние 10 см от оси детектора напротив геометрического центра детектора, отмеченного на корпусе пиктограммой «+3». Статистическая загрузка установки от источника не должна превышать 1000 имп/с.

10.3.2 Включить установку и после установления рабочего режима начать набор спектра с помощью прикладного ПО «Конфигуратор УГМ-03». Длительность экспозиции устанавливают из условия, чтобы обеспечить площадь пика с энергией 661,7 кэВ не менее 2000 имп.

По окончании набора сохранить спектр от источника ОСГИ для последующей обработки.

10.3.3 С помощью прикладного ПО «Конфигуратор УГМ-03» провести измерение фона при длительности экспозиции не менее 500 с.

По окончании набора сохранить спектр фона, он будет участвовать в дальнейшей обработке спектров.

10.3.4 Обработка спектра осуществляется в ПО «Анализатор спектра». Запустить ПО «Анализатор спектра», загрузить в него спектры фона и от источника ОСГИ с радионуклидом Cs-137. Поставить «v» в строке «Учитывать фон». Установить курсором маркер в центроиду пика и во вкладке «Информация по пику» в строке «Разрешение пика, %» считать информацию.

10.3.5 Результаты поверки по п.10.3 считают положительными, если энергетическое разрешение спектрометрического канала установки по линии 661,7 кэВ для радионуклида Cs-137 не превышает допускаемых значений для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-04, приведенных в таблице А.1.

10.4 Определение эффективности регистрации спектрометрического канала установки для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-04 в пике полного поглощения в точечной геометрии на расстоянии 100 мм от эффективного центра детектора для радионуклидов Cs-137 по линии с энергией 661,7 кэВ, Eu-152 по линии с энергией 344,28 кэВ, Co-60 по линии с энергией 1332,5 кэВ

10.4.1 Используя держатель для источников ОСГИ, напротив геометрического центра детектора, отмеченного на корпусе пиктограммой «+3», поочередно устанавливают источники ОСГИ (Cs-137 (661,7 кэВ), Eu-152 (344,28 кэВ), Co-60 (1332,5 кэВ)).

10.4.2 Включают установку и после установления рабочего режима начинают набор спектра с помощью прикладного ПО «Конфигуратор УГМ-03». Длительность экспозиции устанавливают из условия, чтобы число импульсов в каждом пике полного поглощения было не менее 10000.

С каждым источником проводят измерения не менее m раз (где m - не менее 6).

По окончании наборов, необходимо сохранить спектры от источников ОСГИ для последующей обработки.

10.4.3 С помощью прикладного ПО «Конфигуратор УГМ-03» провести измерение фона при длительности экспозиции не менее 500 с.

По окончании набора сохранить спектр фона, он будет участвовать в дальнейшей обработке спектров.

10.4.4 Обработка спектра осуществляется в ПО «Анализатор спектра». Запустить ПО «Анализатор спектра», загрузить в него спектры фона и от источников ОСГИ с радионуклидами Cs-137, Eu-152 и Co-60. Поставить «v» в строке «Учитывать фон». Установить курсором маркер в центроиду пика и во вкладке «Информация по пику» в строке «Площадь пика без фонового пьедестала» считать информацию о количестве отсчетов, зарегистрированных в пике полного поглощения I соответствующей энергии.

10.4.5 Значение эффективности регистрации в пике полного поглощения ε_i , (имп·с⁻¹)/Бк, рассчитать по формуле:

$$\varepsilon_i = \frac{I_i}{A \cdot \tau_i \cdot \exp\left(-\frac{0,693}{T_{1/2}} \tau_i\right)} \quad (7)$$

где A – значение активности источника (из сведений о поверке/аттестации на источник ОСГИ), Бк;

$T_{1/2}$ - период полураспада, лет;

t – время, прошедшее со времени аттестации источника ОСГИ, лет;

τ_i – время набора спектра, с;

y – квантовый выход на распад ($y=0,851$ для Cs-137, $y=0,266$ для Eu-152, $y=0,9998$ для Co-60).

10.4.6 Рассчитать среднее значение эффективности регистрации в пике полного поглощения $\bar{\epsilon}$, (имп·с⁻¹)/Бк, по формуле:

$$\bar{\epsilon} = \frac{\sum_{i=1}^m \epsilon_i}{m} \quad (8)$$

10.4.7 Результаты поверки по п.10.4 считают положительными, если:

Эффективность регистрации спектрометрического канала установки для исполнения УГМ-03-00 в пике полного поглощения в точечной геометрии на расстоянии 100 мм от эффективного центра детектора, (имп·с⁻¹)/Бк, не менее:

- для радионуклида Cs-137 по линии с энергией 661,7 кэВ: $1,1 \cdot 10^{-4}$;
- для радионуклида Eu-152 по линии с энергией 344,28 кэВ: $2,3 \cdot 10^{-4}$;
- для радионуклида Co-60 по линии с энергией 1332,5 кэВ: $0,4 \cdot 10^{-4}$.

Эффективность регистрации спектрометрического канала установки для исполнения УГМ-03-04 в пике полного поглощения в точечной геометрии на расстоянии 100 мм от эффективного центра детектора, (имп·с⁻¹)/Бк, не менее:

- для радионуклида Cs-137 по линии с энергией 661,7 кэВ: $2 \cdot 10^{-3}$;
- для радионуклида Eu-152 по линии с энергией 344,28 кэВ: $4,0 \cdot 10^{-3}$;
- для радионуклида Co-60 по линии с энергией 1332,5 кэВ: $0,7 \cdot 10^{-3}$.

10.5 Определение долговременной нестабильности характеристики преобразования спектрометрического канала за 24 ч непрерывной работы установки для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-04

10.5.1 Используя держатель для источников ОСГИ (допускается и без него), напротив геометрического центра детектора, отмеченного на корпусе пиктограммой «+3», поочередно устанавливают источники ОСГИ (Am-241 (59,5 кэВ), Th-228 (2614,5 кэВ)). Статистическая загрузка установки от каждого источника не должна превышать 1000 имп/с.

10.5.2 Включить установку и после установления рабочего режима начать набор спектра с помощью прикладного ПО «Конфигуратор УГМ-03». Длительность экспозиции устанавливают из условия, чтобы число импульсов в каждом пике полного поглощения было не менее 10000.

В течение 24 ч через равные промежутки времени проводят 10 измерений.

По окончании наборов, сохранять спектры от источников ОСГИ для последующей обработки.

10.5.3 С помощью прикладного ПО «Конфигуратор УГМ-03» провести измерение фона при длительности экспозиции не менее 500 с.

По окончании набора сохранить спектр фона, он будет участвовать в дальнейшей обработке спектров.

10.5.4 Обработка спектра осуществляется в ПО «Анализатор спектра». Запустить ПО «Анализатор спектра», загрузить в него спектры фона и от источников ОСГИ с радионуклидами Am-241 и Th-228. Поставить «v» в строке «Учитывать фон». Установить курсором маркер в центроиду пика и во вкладке «Информация по пику» в строке «Центроида, канал/энергия, кэВ» считать информацию о центроидах пиков полного поглощения N_1 , N_2 (каналы) и измеренных энергиях в пиках полного поглощения E_1 , E_2 , кэВ.

10.5.5 Рассчитать средние значения центроид пиков полного поглощения ($\bar{N}_1$) и ($\bar{N}_2$) для Am-241 и Th-228 по формулам:

$$\bar{N}_1 = \frac{\sum N_{1i}}{n}, \quad \bar{N}_2 = \frac{\sum N_{2i}}{n}, \quad (9)$$

где n – количество измерений.

10.5.6 Рассчитать средние значения измеренных энергий в пиках полного поглощения ($\bar{E}_1$) и ($\bar{E}_2$) для Am-241 и Th-228 по формулам:

$$\bar{E}_1 = \frac{\sum E_{1i}}{n}, \quad \bar{E}_2 = \frac{\sum E_{2i}}{n}, \quad (10)$$

10.5.7 Рассчитать средние квадратические отклонения S_1 , %, и S_2 , %, каждой центроиды по формулам:

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (N_{1i} - \bar{N}_1)^2}{n(n-1)}}, \quad S_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (N_{2i} - \bar{N}_2)^2}{n(n-1)}} \quad (11)$$

Выбрать максимальное из полученных значений S_{max} .

10.5.8 Рассчитать долговременную нестабильность характеристики преобразования D_t , %, по формуле:

$$D_t = \frac{S_{max} \cdot K}{E_{max}} \cdot 100, \quad (12)$$

где E_{max} – энергия, соответствующая линии Th-228 ($E_{max} = 2614,5$ кэВ);

K – энергетическая ширина канала спектра, кэВ/канал, которая рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{E_2 - E_1}{\bar{N}_2 - \bar{N}_1} \quad (13)$$

10.5.9 Результаты поверки по п.10.5 считают положительными, если долговременная нестабильность характеристики преобразования спектрометрического канала за 24 ч непрерывной работы установки не превышает допускаемых значений для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-04, приведенных в таблице А.1.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 По результатам поверки оформляют протокол поверки в произвольной форме.

11.2 Положительные результаты поверки установки 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 установки 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, с обязательным указанием в сведениях о поверке информации об объеме проведенной поверки.

Приложение А
(обязательное)

Таблица А.1 – Метрологические характеристики установки

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений МАЭД гамма-излучения для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-02 и УГМ-03-03, Зв/ч	от $1 \cdot 10^{-7}$ до 10
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения МАЭД гамма-излучения для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-02 и УГМ-03-03, %	± 20
Энергетическая зависимость чувствительности установки для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-02 и УГМ-03-03 в диапазоне измерений относительно чувствительности к энергии 661,7 кэВ радионуклида Cs-137: Для «грубого» гамма-детектора: - для энергий от 50 кэВ до 1,25 МэВ включ., % - для энергий св. 1,25 до 7 МэВ, % Для «чувствительного» гамма-детектора: - для энергий от 50 кэВ до 1,25 МэВ включ., % - для энергий св. 1,25 до 7 МэВ, %	± 25 от -25 до +30 ± 30 от -25 до +100
Зависимость (анизотропия) чувствительности установки для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-02 и УГМ-03-03 в диапазоне измерений от угла падения излучения, %	± 50
Диапазон регистрируемых энергий гамма-излучения установки для исполнений УГМ-03-00 (спектрометрический канал) и УГМ-03-04, кэВ	от 50 до 3000
Энергетическое разрешение спектрометрического канала установки по линии 661,7 кэВ радионуклида Cs-137 для исполнений: - УГМ-03-00, %, не более - УГМ-03-04, %, не более	7,5 4
Пределы допускаемой основной относительной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности (ИНЛ)) спектрометрического канала установки для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-04, %	± 1
Долговременная нестабильность характеристики преобразования спектрометрического канала за 24 ч непрерывной работы установки для исполнений УГМ-03-00, УГМ-03-04, %	1
Эффективность регистрации спектрометрического канала установки в пике полного поглощения в точечной геометрии на расстоянии 100 мм от эффективного центра детектора, (имп·с ⁻¹)/Бк, не менее: – для исполнения УГМ-03-00: - для радионуклида Cs-137 по линии с энергией 661,7 кэВ - для радионуклида Eu-152 по линии с энергией 344,28 кэВ - для радионуклида Co-60 по линии с энергией 1332,5 кэВ – для исполнения УГМ-03-04: - для радионуклида Cs-137 по линии с энергией 661,7 кэВ - для радионуклида Eu-152 по линии с энергией 344,28 кэВ - для радионуклида Co-60 по линии с энергией 1332,5 кэВ	$1,1 \cdot 10^{-4}$ $2,3 \cdot 10^{-4}$ $0,4 \cdot 10^{-4}$ $2 \cdot 10^{-3}$ $4,0 \cdot 10^{-3}$ $0,7 \cdot 10^{-3}$
Нестабильность показаний за 24 ч непрерывной работы от встроенной батареи установок в исполнении с блоками УГМ-03-00 и УГМ-03-02 (после установления рабочего режима), %, не более	5
Нестабильность показаний за 24 ч непрерывной работы блоков УГМ-03 от внешнего источника постоянного тока (после установления рабочего режима), %, не более	5