

СОГЛАСОВАНО

Первый заместитель генерального
директора – заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.Н. Щипунов

2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Каналы измерительные спектрометрические МКС-01ПТФМ

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

ГКПС 132.00.00.000 МП

пгт. Менделеево

2025 г.

Оглавление

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	3
2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	3
3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	4
4. ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	4
5. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ.....	5
6. ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ .	6
7. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	7
8. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	7
9. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	7
10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ	9
11. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	12

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящая методика поверки применяется для поверки Каналов измерительных спектрометрических МКС-01ПТФМ (далее по тексту – спектрометр), используемых в качестве средств измерений 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».

1.2. В результате поверки должны быть подтверждены метрологические характеристики, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений активности радионуклида ^{137}Cs ¹⁾ , Бк	от $2 \cdot 10^2$ до $1 \cdot 10^6$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений активности радионуклида ^{137}Cs ¹⁾ , %	± 10
Диапазон энергий регистрируемого фотонного излучения, кэВ	от 5 до 3000
Пределы допускаемой относительной погрешности характеристики преобразования (интегральная нелинейность), %	$\pm 0,05$
Энергетическое разрешение, кэВ, не более	
- линии с энергией 122 кэВ	1,5
- линии с энергией 1,33 МэВ	2,4
¹⁾ Для радионуклидного источника в геометрии ОСГИ (зажатого в кольцевой обойме диска из двух пленок, между которыми нанесено и загерметизировано радиоактивное вещество) на расстоянии 10 см от торца детектора при времени измерения не менее 600 с для нижней границы диапазона измерений.	

1.3. При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы активности радионуклидов в соответствии с ГОСТ 8.033-2023, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единиц активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников ГЭТ 6-2016.

1.4. При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется метод прямых измерений.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1. При проведении первичной и периодической поверок (в том числе после ремонта) должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень операций поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения (далее – ПО) средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям:	Да	Да	10
Проверка диапазона энергий регистрируемого фотонного излучения и определение относительной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности)	Да	Да	10.1
Определение энергетического разрешения	Да	Да	10.2
Проверка диапазона измерений активности радионуклида ^{137}Cs и определение относительной погрешности измерений активности радионуклида ^{137}Cs	Да	Да	10.3

2.2. Поверка спектрометра прекращается в случае получения отрицательного результата при проведении хотя бы одной из операций, приведенных в таблице 2, а спектрометр признают не прошедшим поверку.

2.3. Не допускается проведение поверки для меньшего числа измеряемых величин.

3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1. При проведении поверки должны выполняться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от +15 до +25;
- атмосферное давление, кПа от 84,0 до 106,7;
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80.

4. ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1. Поверка спектрометра осуществляется аккредитованными в установленном порядке юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

4.2. Поверку могут проводить лица с высшим или средним техническим образованием, имеющие квалификацию поверителя, ознакомленные с руководством по

эксплуатации спектрометра и допущенные к работам с источниками ионизирующих излучений.

5. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1. При проведении поверки применяются эталоны и средства измерений, приведенные в Таблице 3.

Таблица 3

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +10 °С до +40 °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне измерений от 84,0 до 106,7 кПа, с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне измерений от 20 % до 85 %, с абсолютной погрешностью не более ± 5 %.	Прибор комбинированный Testo 608-H1 (рег. № 53505-13); Барометр рабочий сетевой БРС-1М-1 (рег. № 16006-97); Прибор комбинированный Testo 608-H1 (рег. № 53505-13)
п. 10.1 Проверка диапазона энергий регистрируемого фотонного излучения и определение относительной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности)	Источники фотонного излучения радионуклидные закрытые с радионуклидами ^{55}Fe , ^{60}Co , ^{133}Ba , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{207}Bi , ^{228}Th (или ^{232}Th), ^{241}Am , в диапазоне энергий фотонного излучения от 5 до 3000 кэВ	Источники фотонного излучения радионуклидные закрытые спектрометрические эталонные ОСГИ-3 (рег. № 46383-11) Источники радионуклидные фотонного излучения метрологического назначения закрытые ИМН-Г (рег. № 44591-10)

Продолжение таблицы 3

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 10.2 Определение энергетического разрешения	Источники фотонного излучения радионуклидные закрытые с радионуклидами ^{60}Co и ^{152}Eu (или ^{57}Co)	Источники фотонного излучения радионуклидные закрытые спектрометрические эталонные ОСГИ-3 (рег. № 46383-11) Источники радионуклидные фотонного излучения метрологического назначения закрытые ИМН-Г (рег. № 44591-10)
п. 10.3 Проверка диапазона измерений активности радионуклида ^{137}Cs и определение относительной погрешности измерений активности радионуклида ^{137}Cs	Источник фотонного излучения, применяемый в качестве рабочего эталона 2 разряда единицы активности радионуклида ^{137}Cs со значением активности радионуклида ^{137}Cs от $2 \cdot 10^2$ до $1 \cdot 10^6$ Бк Линейка измерительная металлическая от 300 мм, с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,20$ мм	Источники радионуклидные фотонного излучения метрологического назначения закрытые ИМН-Г (рег. № 44591-10) Источники фотонного излучения радионуклидные закрытые спектрометрические эталонные ОСГИ-3 (рег. № 46383-11) Линейка измерительная металлическая (рег. № 66266-16)
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 выполняться требования:

- Норм радиационной безопасности (НРБ-99/2009);
- Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010);
- Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок (утв. Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 года № 903н);
- Инструкций по радиационной безопасности.

7. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1. При проведении внешнего осмотра устанавливается:

- соответствие внешнего вида сведениям, приведенным в описании типа;
- соответствие комплектности поверяемого спектрометра сведениям, приведенным в Паспорте и описании типа;
- наличие результатов последней поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (при периодической поверке);
- наличие четких маркировочных надписей на спектрометре;
- отсутствие загрязнений, механических повреждений, влияющих на работу спектрометра.

7.2. Результаты внешнего осмотра считаются положительными, если выполняются требования, указанные в п. 7.1.

7.3. В случае, если при внешнем осмотре спектрометра выявлены повреждения или дефекты, способные оказать влияние на результат поверки, поверка может быть продолжена только после устранения этих повреждений или дефектов.

8. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1. Перед проведением поверки спектрометр подготавливается к работе в соответствии с требованиями раздела 2 Руководства по эксплуатации.

8.2. Проводятся измерения температуры окружающего воздуха, атмосферного давления и относительной влажности воздуха в месте расположения спектрометра. Результаты измерений заносятся в рабочий журнал.

8.3. При проведении опробования необходимо с применением ПО убедиться, что происходит набор спектра излучения фона.

8.4. Результаты опробования считаются положительными, если проводится набор спектра излучения фона.

9. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1. Проводится проверка идентификационных данных ПО поверяемого спектрометра. Идентификационные данные ПО проверяют при включении поверяемого спектрометра и запуска ПО с рабочего стола персонального компьютера.

9.2. Идентификационные данные ПО поверяемого спектрометра должны соответствовать указанным в таблицах 4-8.

Таблица 4 – Идентификационные параметры ПО SpectraLineHandy

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Наименование ПО	SpectraLineHandy
Идентификационное наименование ПО	spectralinehandy.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО ¹⁾	1.7.13906
Контрольная сумма исполняемого кода ²⁾	379835FA
Алгоритм вычисления цифрового кода	CRC32
¹⁾ Номер версии ПО не ниже указанного в таблице до версии 9.9.99999.	
²⁾ Контрольная сумма файла относится к текущей версии ПО.	

Таблица 5 – Идентификационные параметры ПО SpectraLineGP

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Наименование ПО	SpectraLineGP
Идентификационное наименование ПО	spectralinegp.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО ¹⁾	1.7.13906
Контрольная сумма исполняемого кода ²⁾	58F336C1
Алгоритм вычисления цифрового кода	CRC32
¹⁾ Номер версии ПО не ниже указанного в таблице до версии 9.9.99999.	
²⁾ Контрольная сумма файла относится к текущей версии ПО.	

Таблица 6 – Идентификационные параметры ПО ЛСРМ СПОРО Стерео

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Наименование ПО	ЛСРМ СПОРО Стерео
Идентификационное наименование ПО	spectralinehandy.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО ¹⁾	0.1.462
Контрольная сумма исполняемого кода ²⁾	379835FA
Алгоритм вычисления цифрового кода	CRC32
¹⁾ Номер версии ПО не ниже указанного в таблице до версии 9.9.999.	
²⁾ Контрольная сумма файла относится к текущей версии ПО.	

Таблица 7 – Идентификационные параметры ПО SpectraLineUltimate

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Наименование ПО	SpectraLineUltimate
Идентификационное наименование ПО	spectralineultimate.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО ¹⁾	1.7.13906
Контрольная сумма исполняемого кода ²⁾	8F739864
Алгоритм вычисления цифрового кода	CRC32
¹⁾ Номер версии ПО не ниже указанного в таблице до версии 9.9.99999.	
²⁾ Контрольная сумма файла относится к текущей версии ПО.	

Таблица 8 – Идентификационные параметры ПО GammaPRO

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Наименование ПО	GammaPRO
Идентификационное наименование ПО	gammapro.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО ¹⁾	2024.04.02
Контрольная сумма исполняемого кода ²⁾	BC7BC76C
Алгоритм вычисления цифрового кода	CRC32
¹⁾ Номер версии ПО не ниже указанного в таблице до версии 9999.99.99.	
²⁾ Контрольная сумма файла относится к текущей версии ПО.	

9.3 Результат проверки ПО спектрометра считается положительным, если наименование, идентификационное наименование соответствуют данным, зафиксированным в описании типа, при этом номер версии находится в указанных диапазонах.

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

10.1. Проверка диапазона энергий регистрируемого фотонного излучения и определение относительной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности)

10.1.1. Проверку диапазона энергий регистрируемого фотонного излучения и определение относительной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности) проводят в соответствии с указанным ниже порядком.

10.1.2. Источник фотонного излучения с радионуклидом ^{241}Am размещается у торца детектора. Расстояние до торца детектора подбирается таким образом, чтобы загрузка спектрометрического тракта не превышала 1000 c^{-1} .

10.1.3. Выполняется регистрация спектра излучения радионуклида ^{241}Am . Регистрация спектра завершается после достижения в пике полного поглощения (далее – ППП) не менее 10^4 импульсов. Значения энергий линий ППП соответствующих радионуклидов приведено в таблице 9. Спектр сохраняется в память компьютера.

Таблица 9 – Перечень энергий линий радионуклидов.

№	Радионуклид	Энергия гамма-квантов (E_i), кэВ
1	^{55}Fe	5,90
2	^{241}Am	13,95
3	^{241}Am	59,54
4	^{152}Eu	121,8
5	^{133}Ba	383,8
6	^{137}Cs	661,7
7	^{60}Co	1332
8	^{207}Bi	1770
9	^{228}Th или ^{232}Th (^{208}Tl)	2615

10.1.4. С применением ПО в полученном спектре определяется номер канала n_i центроиды ППП радионуклида ^{241}Am .

10.1.5. Операции, представленные в п.п. 10.1.2 - 10.1.4, повторяются с применением источников фотонного излучения с радионуклидами ^{55}Fe , ^{60}Co , ^{133}Ba , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{207}Bi , ^{228}Th или ^{232}Th (^{208}Tl).

10.1.6. С применением ПО и используя номера каналов n_i центроид ППП для всех радионуклидов из таблицы 9, провести энергетическую калибровку и определить численное значение интегральной нелинейности (ИНЛ), рассчитанное по формуле (10.1):

$$\text{ИНЛ} = \frac{\Delta E_{\max}}{E_{\max}} \cdot 100, \quad (10.1)$$

где E_{\max} – верхнее значение энергии из измеряемого диапазона энергий, кэВ;

ΔE_{\max} – максимальное значение отклонения от прямой линии, описывающей характеристику преобразования, кэВ.

Примечание – Характеристика преобразования спектрометра представляется в виде прямой линии $n_i = a + b \cdot E_i$, где a и b – параметры, определенные по методу наименьших квадратов;

10.1.7. Результаты операции поверки считаются положительными, если в диапазоне энергий регистрируемого фотонного излучения от 5 до 3000 кэВ значение относительной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности) не превышает $\pm 0,05 \%$.

10.2. Определение энергетического разрешения

10.2.1. Источник гамма-излучения с радионуклидом ^{152}Eu размещается у торца детектора. Расстояние до торца детектора подбирается таким образом, чтобы загрузка спектрометрического тракта не превышала 1000 с^{-1} .

10.2.2. Выполняется регистрация спектра излучения радионуклида ^{152}Eu . Регистрация спектра завершается после достижения в ППП с энергией 122 кэВ не менее 10^4 импульсов.

10.2.3. По спектрам, сохраненным по п.10.1, рассчитывается значение энергетической ширины канала K , кэВ/канал, по формуле (10.2):

$$K = \frac{E_2 - E_1}{n_2 - n_1}, \quad (10.2)$$

где E_1 и E_2 – значения энергий ППП гамма-квантов радионуклидов ^{55}Fe и ^{228}Th или ^{232}Th (^{208}Tl), равные 5,90 кэВ и 2615 кэВ, соответственно;

n_1 и n_2 – номера каналов, соответствующие положениям центроид ППП с энергиями E_1 и E_2 .

10.2.4. Источник гамма-излучения с радионуклидом ^{60}Co также размещается у торца детектора. Расстояние до торца детектора подбирается таким образом, чтобы загрузка спектрометрического тракта не превышала 1000 с^{-1} .

10.2.5. Выполняется регистрация спектра излучения радионуклидов ^{60}Co и ^{152}Eu .

Регистрация спектра завершается после достижения в ППП с энергией 122 кэВ и 1,33 МэВ не менее 10^4 импульсов.

10.2.6. Определяется ширина ППП линии с энергией 122 кэВ на её полувысоте Δ_n , каналов.

10.2.7. Рассчитывается энергетическое разрешение линии с энергией 122 кэВ $\eta_{абс}$, кэВ, по формуле (10.3):

$$\eta_{абс} = \Delta_n \cdot K \quad (10.3)$$

10.2.8. Аналогично, по операциям п.п.10.2.6 – 10.2.7 определяется энергетическое разрешение линии с энергией 1,33 МэВ.

10.2.9. Результаты операции поверки считаются положительными, если энергетическое разрешение линии с энергией 122 кэВ не превышает 1,5 кэВ, а энергетическое разрешение линии с энергией 1,33 МэВ не превышает 2,4 кэВ.

10.3. Проверка диапазона измерений активности радионуклида ^{137}Cs и определение относительной погрешности измерений активности радионуклида ^{137}Cs

10.3.1. Источник гамма-излучения с радионуклидом ^{137}Cs размещается у торца детектора на расстоянии 10 см. Расстояние от источника до торца детектора контролируется с применением линейки.

10.3.2. Выполняется регистрация спектра излучения радионуклида ^{137}Cs . Время набора спектра выбирается исходя из необходимости достижения в ППП не менее 10^4 импульсов.

10.3.3. С применением ПО по полученному спектру излучения источника гамма-излучения определяется значение активности радионуклида ^{137}Cs $A_{и}$, Бк.

10.3.4. Рассчитывается значение относительной погрешности измерений активности радионуклида ^{137}Cs по формуле (10.4):

$$\delta_0 = \frac{|A_{и} - A_{эт}|}{A_{эт}} \cdot 100, \quad (10.4)$$

где $A_{и}$ – измеренное значение активности радионуклида ^{137}Cs , Бк;

$A_{эт}$ – значение активности радионуклида ^{137}Cs эталонного источника гамма-излучения на дату выполнения измерений, Бк.

10.3.5. Результаты операции поверки считаются положительными, если значение относительной погрешности измерений активности радионуклида ^{137}Cs δ_0 , %, не превышает ± 10 %.

11. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1. Спектрометр признается годным, если в ходе поверки все результаты положительные.

11.2. При положительных результатах поверки спектрометр признают пригодным к применению и оформляют результаты поверки в соответствии с Приказом Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» или действующими на момент поверки нормативно-правовыми актами в области обеспечения единства измерений. По заявлению владельца спектрометра или лица, предъявившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке, и (или) в паспорт спектрометра вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

11.3. Нанесение знака поверки на спектрометр не предусмотрено. Пломбирование спектрометра при поверке не предусмотрено.

11.4. При отрицательных результатах поверки поверяемый спектрометр признают непригодным к применению в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений и оформляют результаты поверки в соответствии с Приказом Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» или действующими на момент поверки нормативно-правовыми актами в области обеспечения единства измерений. По заявлению владельца спектрометра или лица, предъявившего его на поверку, на него выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования.

Начальник НИО-4 ФГУП «ВНИИФТРИ»



О.А. Картавенко

Инженер 1 категории лаборатории № 420
НИО-4 ФГУП «ВНИИФТРИ»



Д.А. Булдаков