

СОГЛАСОВАНО

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



А.Н. Щипунов

МП

« 06 »

06

20 25 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

СПЕКТРОМЕТРЫ ЭНЕРГИИ АЛЬФА-ИЗЛУЧЕНИЯ С
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ДЕТЕКТОРАМИ СЭА-МСА03

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

ЛСРН.412151.003.00.000 МП

пгт Менделеево
2025 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящая методика поверки применяется для поверки спектрометров энергии альфа-излучения с полупроводниковыми детекторами СЭА-МСА03 (далее СЭА-МСА), используемых в качестве рабочих 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 следующие метрологические характеристики каждого измерительного канала СЭА-МСА, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики и показатели точности СЭА-МСА

Наименование характеристики	Значение
Диапазон регистрируемых энергий альфа-излучения, МэВ	от 2,0 до 8,0
Пределы допускаемой основной погрешности характеристики преобразования (интегральная нелинейность) ¹⁾ , %	$\pm 0,15$
Энергетическое разрешение в пике амплитудного распределения альфа-частиц с энергией 5156,59 кэВ радионуклида Pu-239 в геометрии ОСАИ на расстоянии 42 мм от поверхности детектора (11 полка) в зависимости от модификации блока детектирования, кэВ, не более - БДА03-0450 - БДА03-0900 - БДА03-1200 - БДА03-2000	26 35 40 42
Диапазон измерений активности альфа-излучающих радионуклидов счетного образца ²⁾ , Бк	от $3,0 \cdot 10^{-2}$ до $3,5 \cdot 10^5$
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений активности ²⁾ , %	± 10
¹⁾ В диапазоне энергий от 4,0 до 8,0 МэВ. ²⁾ Для спектрометрических источников, изготовленных по ТУ 7018-401-07625447-13, на расстоянии 42 мм от поверхности детектора (11 полка) для спектрометрического режима измерения. Для радиометрических источников, изготовленных по ТУ 95 477-83, на расстоянии 42 мм от поверхности детектора (11 полка) для радиометрического режима измерения. Для поддиапазона измерений от $3,0 \cdot 10^{-2}$ до 20 Бк на расстоянии 2,5 мм (1 полка). Время измерения нижнего значения диапазона измерений активности составляет не менее 3600 с.	

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 ГЭТ 6-2016.

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

1.5. Средства измерений, предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, до ввода в эксплуатацию подлежат первичной поверке, а в процессе эксплуатации, в том числе после ремонта - периодической поверке. Применяющие средства измерений в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели обязаны своевременно представлять средства измерений на поверку.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении первичной и периодической поверок должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 - Перечень операций 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	
Внешний осмотр	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
Определение относительной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности) и проверка диапазона регистрируемых энергий альфа-излучения	да	да	10.1
Определение энергетического разрешения в пике амплитудного распределения альфа-частиц с энергией 5156,59 кэВ радионуклида Pu-239 в геометрии ОСАИ на расстоянии 42 мм от поверхности детектора (11 полка)	да	да	10.2
Проверка диапазона измерений активности альфа-излучающих радионуклидов счетного образца и определение основной относительной погрешности измерений активности	да	да	10.3
Оформление результатов поверки	да	да	11

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

2.3 Не допускается проведение поверки для меньшего числа измеряемых величин отдельных автономных спектрометрических измерительных каналов.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 Условия проведения поверки должны соответствовать требованиям, установленным ГОСТ 8.395-80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования»:

При проведении первичной и периодической поверки должны соблюдаться следующие нормальные условия измерений:

- | | |
|---|-----------------|
| - температура окружающего воздуха, °С | от 15 до 25; |
| - относительная влажность, % | от 30 до 80; |
| - атмосферное давление, кПа | от 86 до 106,7; |
| - мощность амбиентного эквивалента дозы
гамма-излучения, мкЗв·ч ⁻¹ , не более | 0,20; |

Периодическая поверка СЭА-МСА осуществляется без демонтажа в условиях, обеспечивающих нормальные условия измерений.

3.2 Поверка СЭА-МСА должна выполняться в чистом помещении, не содержащем источников, сходных по составу излучения с предполагаемым излучением радионуклидов, имеющихся в эталонных источниках.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка СЭА-МСА 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

При проведении поверки применяются основные и вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применения 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 окружающего воздуха 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 кПа 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 Определение относительной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности) и проверка диапазона регистрируемых энергий альфа-излучения	Эталоны единиц активности альфа-излучающих радионуклида ^{226}Ra или U-233+Pu-239+Pu-238, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников ГОСТ 8.033-2023, в диапазоне значений активности от 20 до $1 \cdot 10^5$ Бк	Источники альфа-излучения радионуклидные спектрометрические эталонные ОСАИ на основе нуклида Ra-226 (U-233+Pu-239+Pu-238) (рег. № 94578-25)
п. 10.2 Определение энергетического разрешения в пике амплитудного распределения альфа-частиц с энергией 5156,59 кэВ радионуклида Pu-239 в геометрии ОСАИ на расстоянии 42 мм от поверхности детектора (11 полка)	Эталоны единиц активности альфа-излучающих радионуклидов Pu-239, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников ГОСТ 8.033-2023, в диапазоне значений активности от 20 до $1 \cdot 10^5$ Бк	Источники альфа-излучения радионуклидные спектрометрические эталонные ОСАИ на основе нуклида Pu-239 (рег. № 94578-25)

Продолжение таблицы 3

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 10.3 Проверка диапазона измерений активности альфа-излучающих радионуклидов счетного образца и определение основной относительной погрешности измерений активности	Эталоны единиц активности альфа-излучающих радионуклидов, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников ГОСТ 8.033-2023, в диапазоне значений активности от 20 до $3,5 \cdot 10^5$ Бк	Источники альфа-излучения радионуклидные спектрометрические эталонные ОСАИ (рег. № 94578-25) Источники альфа-излучения закрытые с радионуклидом плутоний-239 типа 2П9 (рег. № 61304-15)
<i>Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.</i>		

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Требования (условия) безопасности должны выполняться работниками юридического лица или индивидуального предпринимателя, аккредитованного на проведение поверки в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации (далее - поверители), или лицами, обеспечивающими подготовку рабочих мест для проведения поверки средств измерений, мероприятия по обеспечению безопасности и условий проведения поверки с целью сохранения жизни и здоровья поверителей, выполняющих поверку.

6.2 При проведении поверки должны быть соблюдены требования СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009», СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)», ГОСТ 12.2.007.0-75, «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок», утвержденные Приказом Минтруда России от 15 декабря 2020 г. № 903н.

6.3 При проведении поверки должны соблюдаться требования безопасности, действующие на предприятии, а также изложенные в эксплуатационной документации на СЭА-МСА.

6.4 При проведении поверки лица, работающие с СЭА-МСА, должны быть допущенными к работе с источниками ионизирующих излучений.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре устанавливают соответствие СЭА-МСА следующим требованиям:

- комплектность, заводской номер СЭА-МСА должны соответствовать данным комплектности СЭА-МСА, указанной в формуляре изделия;

- внешний вид, маркировка и пломбирование от несанкционированного вмешательства должны соответствовать описанию типа СЭА-МСА и требованиям руководства по эксплуатации СЭА-МСА;

- на комплектующих изделиях СЭА-МСА не должно быть видимых дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки, механических повреждений, препятствующих применению изделия;

- надписи и обозначения СЭА-МСА должны быть четкими и соответствовать требованиям эксплуатационной документации.

При выявлении дефектов следует устранить их до проведения поверки или принять решение по проведению дальнейшей поверки.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

Поверитель должен изучить руководство по эксплуатации поверяемого СЭА-МСА и используемых средств поверки, провести подготовку СЭА-МСА к поверке согласно указаниям руководства по эксплуатации (далее – РЭ).

8.2 Опробование

Опробование СЭА-МСА провести по истечении 15 минут времени установления рабочего режима в следующем порядке:

- загрузить ПО;
- разместить в камере вакуумной КВ03 источник альфа-излучения радионуклидный спектрометрический эталонный ОСАИ с радионуклидом Pu-239 (далее – ОСАИ);
- включить УКВ и обеспечить откачку КВ до установления постоянного разрежения в камере;
- включить СЭА-МСА в режиме набора спектра или измерений активности счетного образца измерительного канала СЭА-МСА согласно указаниям РЭ;
- последовательно провести измерения активности в каждом измерительном канале в течение 15 минут.

Убедиться в том, что происходит накопление спектров и/или расчет активности.

Результаты опробования считать положительными, если происходит накопление спектров и/или расчет активности в каждом измерительном канале СЭА-МСА.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Войти в основное меню ПО, открыть закладку «О программе» и проверить полученную информацию на соответствие требованиям руководства по эксплуатации. При идентификации ПО проверить соответствие идентификационного наименования ПО и номера версии (идентификационный номер) ПО, указанных в разделе «Программное обеспечение» РЭ СЭА-МСА, и выводимых в окне интерфейса пользователя.

Цифровой идентификатор программного обеспечения (контрольная сумма исполняемого кода) не нормируется и указывается для текущего номера версии ПО.

Результаты проверки ПО считать положительными, если идентификационное наименование ПО и номер версии соответствуют указанным в таблицах 4-6.

Таблица 4 - Идентификационные данные КСП LinSpec-R-GBA

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование программного обеспечения	LinSpec-R-GBA
Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения	не ниже 2.01.XXXX ¹⁾
Цифровой идентификатор программного обеспечения	не нормируется
¹⁾ Метрологически значимой является цифровая часть номера, часть с буквенным обозначением «X» несущественна для идентификации и определения метрологических характеристик	

Таблица 5 - Идентификационные данные КСП WinSpec-R

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование программного обеспечения	WinSpec-R
Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения	не ниже 1.05.XXXX ¹⁾
Цифровой идентификатор программного обеспечения	не нормируется
¹⁾ Метрологически значимой является цифровая часть номера, часть с буквенным обозначением «X» несущественна для идентификации и определения метрологических характеристик	

Таблица 6 - Идентификационные данные КСП SpectraLineADA

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование программного обеспечения	SpectraLineADA
Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения	не ниже 1.7.XXXXXX ¹⁾
Цифровой идентификатор программного обеспечения	не нормируется
¹⁾ Метрологически значимой является цифровая часть номера, часть с буквенным обозначением «X» несущественна для идентификации и определения метрологических характеристик	

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

10.1 Определение относительной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности) и проверка диапазона регистрируемых энергий альфа-излучения

Подготовку СЭА-МСА и ПО к измерениям, откачку КВ выполнить в соответствии с указаниями раздела РЭ «Подготовка изделия к использованию».

Для определения интегральной нелинейности использовать источник в геометрии ОСАИ с радионуклидом Ra-226. Допускается использовать источник в геометрии ОСАИ с радионуклидами U-233+Pu-239+Pu-238.

Провести измерения спектров источников ОСАИ на основе радионуклида Ra-226 (U-233+Pu-239+Pu-238), разместив его на полке КВ, обеспечивающей расстояние между БДА и ОСАИ 42 мм (11 полка). Активность ОСАИ и время измерений выбирают такими,

чтобы статистическая загрузка измерительного канала не превышала $500 \text{ имп} \cdot \text{с}^{-1}$, в максимуме пика амплитудного распределения альфа-линий, указанных в таблице 7, набрать не менее 10000 отсчетов.

Таблица 7 - Справочные данные

i	Энергия пика E_i , кэВ	Радионуклид
1	4784,34	Ra-226
2	5489,5	Ra-226/Rn-222
3	6002,35	Ra-226/Po-218
4	7686,82	Ra-226/Pb-214
5	4824,2	U-233
6	5156,59	Pu-239
7	5499,03	Pu-238

Сохранить спектры в памяти ПЭВМ.

Провести энергетическую градуировку измерительного канала СЭА-МСА с использованием ПО и указаний РЭ, получив численное значение интегральной нелинейности (ИНЛ), %, рассчитанное по формуле (1):

$$\text{ИНЛ} = \pm \frac{\Delta E_i^{\max}}{E_{\max}} \cdot 100, \quad (1)$$

где E_{\max} – значение энергии, соответствующее пику амплитудного распределения с наибольшей энергией из числа обрабатываемых пиков, кэВ;

ΔE_i^{\max} – максимальное значение из полученных отклонений (ΔE_i) значения максимума i -го пика амплитудного распределения от табличного значения, рассчитанное по формуле (2):

$$\Delta E_i = E_i - E_{\Pi}, \quad (2)$$

где E_i – табличное значение энергии, кэВ;

E_{Π} – энергия пика амплитудного распределения, кэВ.

Измерение интегральной нелинейности спектрометрического тракта одновременно является проверкой рабочего диапазона регистрируемых энергий альфа-излучения.

Результаты поверки по определению основной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности) и проверке диапазона регистрируемых энергий альфа-излучения считать положительными, если основная погрешность характеристики преобразования (интегральная нелинейность) в диапазоне энергий от 4 до 8 МэВ находится в пределах $\pm 0,15 \%$.

10.2 Определение энергетического разрешения в пике амплитудного распределения альфа-частиц с энергией 5156,59 кэВ радионуклида Pu-239 в геометрии ОСАИ на расстоянии 42 мм от поверхности детектора (11 полка)

Провести набор спектра с использованием источника ОСАИ на основе радионуклида Pu-239, расположив его в КВ СЭА-МСА на расстоянии 42 мм от БДА (11 полка).

Активность ОСАИ и время измерений выбирают такими, чтобы статистическая загрузка измерительного канала не превышала $500 \text{ имп} \cdot \text{с}^{-1}$, в максимуме пика амплитудного распределения альфа-линий 5156,59 кэВ набрать не менее 10000 отсчетов.

Определить ширину пика амплитудного распределения (далее – ПАР) моноэнергетической линии 5156,59 кэВ на его полувысоте η_{abc} с использованием ПО или графически по формуле (3):

$$\eta_{\text{abc}} = \Delta n \cdot B, \quad (3)$$

где η_{abc} – абсолютное энергетическое разрешение измерительного канала СЭА-МСА, в ПО обозначаемое «ПШПВ» – полная ширина ПАР на полувысоте, кэВ;

Δn – ширина на полувысоте ПАР, каналов;

B – энергетическая ширина канала многоканального анализатора, кэВ/канал, определяемая в ПО или по формуле (4):

$$B = \frac{E_2 - E_1}{n_2 - n_1}, \quad (4)$$

где E_1 и E_2 – энергии, кэВ, регистрируемые соответственно в n_1 -м и n_2 -м каналах многоканального анализатора.

Зарегистрировать не менее пяти результатов абсолютного энергетического разрешения ПАР с энергией 5156,59 кэВ. Рассчитать среднее арифметическое значение результатов измерений по формуле (5):

$$\bar{\eta}_{abc} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m \eta_i, \quad (5)$$

где η_i – значение измерения энергетического разрешения, полученное при i -ом измерении;

m – количество измерений.

Результаты поверки по определению энергетического разрешения считать положительными, если полученное значение энергетического разрешения в пике амплитудного распределения с энергией 5156,59 кэВ радионуклида Pu-239 не превышает, кэВ:

- для БДА03-0450	26
- для БДА03-0900	35
- для БДА03-1200	40
- для БДА03-2000	42

10.3 Проверка диапазона измерений активности альфа-излучающих радионуклидов счетного образца и определение основной относительной погрешности измерения активности

10.3.1 Провести набор спектра с использованием источника ОСАИ на основе радионуклида Pu-239 с активностью от $5 \cdot 10^2$ до 10^3 Бк, расположив его в КВ СЭА-МСА на расстоянии 42 мм от БДА (11 полка). Измерения проводить в режиме вычитания фона.

10.3.2 Определить эффективность регистрации для геометрии ОСАИ по формуле (6):

$$\varepsilon = \frac{\bar{n}}{A}, \quad (6)$$

где \bar{n} – скорость счета от источника с радионуклидом Pu-239, рассчитанная с помощью ПО, имп/с;

A – активность источника из протокола поверки (аттестации) на дату проведения поверки, Бк.

10.3.3 Провести не менее $m = 5$ наборов спектров с источниками ОСАИ со значениями активностей в диапазоне от 20 до $5 \cdot 10^2$ Бк и от 10^3 до 10^5 Бк. Время измерений выбирают таким, чтобы в максимуме пика амплитудного распределения альфа-линий набрать не менее 2000 отсчетов.

С помощью ПО и используя значение эффективности регистрации, полученное по формуле (6), рассчитать измеренную активность в Бк за время измерения τ .

Вычислить доверительные границы относительной погрешности измерений активности указанным ниже способом.

Рассчитать среднее арифметическое значение результатов измерений активности источника ОСАИ, Бк, измеренных за время экспозиции τ , по формуле (7):

$$A_{cp} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m A_i, \quad (7)$$

где A_{cp} – среднее арифметическое значение результатов $i=m$ измерений активности источника ОСАИ, Бк.

Рассчитать среднее квадратическое отклонение (СКО) случайной составляющей погрешности измерений активности в Бк по формуле (8):

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (A_i - A_{cp})^2}{m-1}}. \quad (8)$$

Случайная составляющая погрешности считается незначимой, если выполняется условие (9):

$$\hat{\sigma} \leq \frac{1}{8} \cdot \frac{\delta_{np}}{100} \cdot A_{эм}, \quad (9)$$

где $\delta_{np} = \pm 10\%$ – нормированное значение предела основной относительной погрешности измерений активности для СЭА-МСА;

$A_{эм}$ – значение активности источника ОСАИ Pu-239 на дату проведения измерений, Бк, рассчитанное по формуле (10):

$$A_{эм} = A_0 \cdot e^{-0,693 \frac{t}{T_{1/2}}}, \quad (10)$$

где A_0 – значение активности источника ОСАИ из протокола поверки (аттестации), Бк;
 $T_{1/2}$ – период полураспада Pu-239, лет;

t – время, прошедшее со времени последней поверки источника ОСАИ, лет.

Рассчитать оценку систематической составляющей погрешности измерений активности СЭА-МСА в Бк по формуле (11):

$$\hat{\Theta} = A_{cp} - A_{эм}, \quad (11)$$

Вычислить полуширину доверительного интервала (для $P=0,95$) оценки систематической составляющей основной погрешности измерений активности по формулам (12):

$$\Theta_r = \Delta_0 \text{ при выполнении условия (9),}$$

$$\Theta_r = \sqrt{\left(\frac{k \cdot \hat{\sigma}}{\sqrt{m}}\right)^2 + \Delta_0^2}, \quad (12)$$

где Θ_r – полуширина доверительного интервала ($P=0,95$) оценки систематической составляющей основной погрешности измерений активности, Бк;

k – 95 % квантиль распределения Стьюдента с $m-1$ степенями свободы;

Δ_0 – доверительные границы абсолютной погрешности активности эталонного источника ОСАИ, Бк, рассчитываемые по формуле (13):

$$\Delta_0 = \pm \frac{A_{эм}}{100} \cdot \delta_0, \quad (13)$$

где δ_0 – значение относительной погрешности активности эталонного источника из протокола поверки (аттестации), %.

Вычислить верхнюю доверительную границу (для $P=0,95$) систематической составляющей погрешности измерений активности, Бк, по формуле (14):

$$\Theta = |\hat{\Theta}| + \Theta_r. \quad (14)$$

Рассчитать верхнюю доверительную границу СКО случайной составляющей погрешности измерений по формуле (15) в случае значимой случайной составляющей погрешности:

$$\sigma = \hat{\sigma} \sqrt{\frac{m-1}{\chi^2}}, \quad (15)$$

где χ^2 – 95 % квантиль распределения χ^2 с $m-1$ степенями свободы.

Вычислить верхнюю доверительную границу суммарной абсолютной погрешности измерений активности, Бк, по формулам (16) или (17):

– при выполнении условия (9):

$$\Delta = \Theta \quad (16)$$

– в случае значимой случайной составляющей погрешности:

$$\Delta = \sqrt{(\Theta)^2 + (1,96 \cdot \sigma)^2}. \quad (17)$$

Вычислить пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений активности СЭА-МСА, %, по формуле (18):

$$\delta = \pm 100 \cdot \frac{\Delta}{A_{cp}}. \quad (18)$$

10.3.4. Провести измерение активности с использованием источников типа 2П9 со значениями активности от 20 до $3,5 \cdot 10^5$ Бк на основе радионуклида Pu-239, расположив его в КВ СЭА-МСА на расстоянии 42 мм от БДА (11 полка). Измерения провести по пунктам 10.3.1-10.3.3 в радиометрическом режиме измерений.

Результаты операции поверки считать положительными, если основная относительная погрешность измерений активности находится в пределах ± 10 %.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 СЭА-МСА признается годным, если в ходе поверки все результаты положительные.

11.2 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.3 При положительных результатах поверки по заявлению владельца СЭА-МСА или лица, предъявившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке и (или) в формуляр СЭА-МСА вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

11.4 СЭА-МСА, имеющий отрицательные результаты поверки, в обращение не допускается и на него выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования.

Начальник НИО-4
ФГУП «ВНИИФТРИ»

Инженер 1 категории
лаборатории № 420



Картавенко О.А.



Булдаков Д.А.