



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,  
МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В Г. МОСКВЕ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ»  
(ФБУ «РОСТЕСТ-МОСКВА»)

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора

ФБУ «Ростест-Москва»

А.Д. Меньшиков



«21» апреля 2020 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

СПЕКТРОМЕТРЫ ЭНЕРГИЙ АЛЬФА-ИЗЛУЧЕНИЯ  
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ  
СЭА-13П, СЭА-13П1

Методика поверки

РТ-МП-7206-03-2020

г. Москва  
2020 г.

Настоящая методика поверки предназначена для проведения первичной и периодической поверки спектрометров энергий альфа-излучения полупроводниковых СЭА-13П, СЭА-13П1 (далее – спектрометры).

Интервал между поверками один год.

## 1 Операции поверки

1.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1. В случае получения отрицательных результатов при проведении той или иной операции дальнейшая поверка прекращается.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции	
		при первичной поверке	при периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	Да	Да
Опробование	7.2	Да	Да
Определение метрологических характеристик	7.3		
Определение верхней границы диапазона регистрируемых энергий	7.3.1	Да	Да
Определение абсолютного энергетического разрешения	7.3.2	Да	Да
Определение интегральной нелинейности	7.3.3	Да	Да
Определение временной нестабильности за время непрерывной работы	7.3.4	Да	Нет
Определение времени установления рабочего режима	7.3.5	Да	Нет
Определение фона в энергетическом диапазоне от 3,5 до 6,0 МэВ	7.3.6	Да	Да

## 2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки применяются основные и вспомогательные средства поверки, приведённые в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта документа по поверке	Наименование и тип (условное обозначение) основного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
7.3.1 – 7.3.5	Источники альфа-излучения радионуклидные спектрометрические эталонные ОСАИ (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 56659-14) на основе радионуклидов $^{238}\text{Pu}$ , $^{239}\text{Pu}$ , $^{233}\text{U}+^{239}\text{Pu}+^{238}\text{Pu}$ . Источники должны быть аттестованы (поверены) в качестве рабочего эталона II разряда в соответствии с приказом Росстандарта № 2841 от 29.12.2018 г. и иметь действующее свидетельство



Таблица 3 – Вспомогательные средства поверки

Номер пункта документа по поверке	Наименование и тип (условное обозначение) вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
7.3.1 – 7.3.6	Прикладное программное обеспечение накопления и обработки SpectraLineADA
7.3.1 – 7.3.6	Термометр лабораторный по ГОСТ 28498-90, цена деления 0,1 °С, диапазон измерений от 1 до 40 °С
7.3.1 – 7.3.6	Психрометр по ГОСТ 112-78, диапазон измерений относительной влажности от 20 до 90 %, погрешность измерений $\pm 5$ %
7.3.1 – 7.3.6	Барометр-анероид типа М-67, цена деления 1 кПа, диапазон измерений от 60 до 120 кПа

Примечание: Рабочее программное обеспечение установлено на поверяемом спектрометре. Программное обеспечение должно рассчитывать погрешность определения активности для доверительной вероятности  $P=0,95$ . Допускается применение другого рабочего программного обеспечения, позволяющего проводить измерение метрологических характеристик с требуемой точностью.

2.2 Допускается применение других средств поверки, не приведенных в перечне, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых спектрометров с требуемой точностью.

### 3 Требования к квалификации поверителей

3.1 К проведению поверки спектрометров допускаются сотрудники организаций аккредитованных на право поверки средств измерений ионизирующих излучений, аттестованные в качестве поверителей в установленном порядке.

3.2 Поверитель должен быть специалистом в области экспериментальной ядерной физики и метрологии, имеющий профессиональный опыт в области радиометрии и альфа-спектрометрии, прошедший курс обучения работе с данным оборудованием и рабочим программным обеспечением спектрометра.

3.3 Перед проведением поверки поверитель должен изучить руководство по эксплуатации ДЦКИ.412131.003 РЭ, алгоритмические основы и руководства оператора на ПО спектрометра, методику поверки.

### 4 Требования безопасности

4.1 При проведении работ по поверке спектрометров необходимо соблюдать требования безопасной эксплуатации, изложенные в соответствующих разделах технической и эксплуатационной документации на спектрометры.

4.2 Допуск персонала к работе и организация работ со спектрометрами должны осуществляться в соответствии с требованиями «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей»; «Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».

4.3 Работы с источниками ионизирующего излучения при проведении процедур поверки спектрометрических трактов и подтверждения работоспособности спектрометра должны проводиться с соблюдением требований «Норм радиационной безопасности»

(НРБ-99/2009) и «Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99/2010).

## 5 Условия поверки

5.1 Поверка проводится в нормальных климатических условиях:

- температура окружающего воздуха (20±5) °С;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа.

5.2 Изменение номинального значения напряжения питания не должно превышать ±2 %;

5.3 Частота питающей сети переменного тока не должна превышать (50±0,5) Гц.

## 6 Подготовка к поверке

6.1 Подготовка спектрометра к поверке и работу с ним проводить в соответствии с руководством по эксплуатации ДЦКИ.412131.003 РЭ с соблюдением требований безопасности.

## 7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие спектрометра следующим требованиям:

- крепление сетевых вилок в розетках должно быть надежно;
- комплект соединительных кабелей должен обеспечивать соединение составных частей спектрометра в соответствии со схемой, кабели не должны иметь видимых повреждений;
- комплектность спектрометра должна соответствовать разделу 3 паспорта ДЦКИ.412131.003 ПС;
- пломба на блоке альфа-спектрометра должна быть не повреждена;
- наименование прикладного ПО должно совпадать с указанным в таблице 4;
- номер версии прикладного ПО должен быть не ниже приведённого в таблице 4. Номер версии ПО должен быть указан в приложении к действующему свидетельству о поверке спектрометра;
- цифровой идентификатор прикладного ПО (контрольная сумма) должен совпадать с указанным для версии ПО, приведённой в таблице 4, либо должен совпадать с указанным в приложении к действующему свидетельству о поверке спектрометра;
- наименование, номер версии и цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма) отображаются в прикладном ПО в окне меню «Справка/О программе».



Таблица 4 – Идентификационные данные ПО

Наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
SpectraLineADA	1.5.3068	01e02e82	CRC32

## 7.2 Опробование

7.2.1 Опробование спектрометра проводить по истечении времени установления рабочего режима с использованием контрольных источников. При опробовании использовать рабочее программное обеспечение.

7.2.2 Проверить функционирование анализаторных функций «Набор», «Очистка», «Стоп», задание и отработку времени экспозиции и др.

7.2.3 Проверить правильность функционирования программы обработки спектров. Для этого проводят обработку спектров контрольных источников, записанных при первичной поверке спектрометра. Результаты обработки сравнить с протоколами обработки соответствующих спектров при первичной поверке.

## 7.3 Определение метрологических характеристик

### 7.3.1 Определение верхней границы диапазона регистрируемых энергий

#### 7.3.1.1 Средства измерений и вспомогательные устройства

Применяется спектрометрический альфа-источник типа ОСАИ на основе смеси радионуклидов уран-233, плутоний-239, плутоний-238 ( $^{233}\text{U}+^{239}\text{Pu}+^{238}\text{Pu}$ ).

Для выполнения требуемых операций использовать прикладное программное обеспечение.

#### 7.3.1.2 Подготовка к измерению

При проведении измерений интегральная статистическая загрузка спектрометрического тракта должна лежать в пределах от 250 до 1000 имп./с. Необходимую загрузку обеспечивать выбором активности используемого источника. Требуемая загрузка контролируется рабочим программным обеспечением.

#### 7.3.1.3 Проведение измерений

Поместить источник  $^{233}\text{U}+^{239}\text{Pu}+^{238}\text{Pu}$  из комплекта ОСАИ на нижнюю полку измерительной камеры. После установления рабочего режима провести набор амплитудного спектра с временем экспозиции 10-15 минут. Число импульсов в максимуме пиков должно быть не менее 2000. Выполнить линейную калибровку спектрометра по энергии по набранному спектру, используя прикладное программное обеспечение. Описание и процедура калибровки приведены в Руководстве пользователя на программное обеспечение.

Результаты поверки считать положительными, если значение энергии в последнем канале анализатора находится в диапазоне от 8,0 до 10,0 МэВ.

### 7.3.2 Определение абсолютного энергетического разрешения

#### 7.3.2.1 Средства измерений и вспомогательные устройства

Применяется спектрометрический альфа-источник типа ОСАИ на основе радионуклида плутоний-239 ( $^{239}\text{Pu}$ ).

Для выполнения требуемых операций использовать прикладное программное обеспечение.

### 7.3.2.2 Подготовка к измерению

При проведении измерений интегральная статистическая загрузка спектрометрического тракта должна лежать в пределах от 250 до 1000 имп./с. Необходимую загрузку обеспечивать выбором активности используемого источника. Требуемая загрузка контролируется рабочим программным обеспечением.

### 7.3.2.3 Проведение измерений

Поместить источник  $^{239}\text{Pu}$  из комплекта ОСАИ на нижнюю полку измерительной камеры. После установления рабочего режима провести набор амплитудного спектра с временем экспозиции 10-15 минут. Число импульсов в максимуме пиков должно быть не менее 2000. Определить абсолютное энергетическое разрешение, используя прикладное программное обеспечение.

Результаты поверки считать положительными, если полученное значение абсолютного энергетического разрешения спектрометра соответствует данным таблицы 5.

Таблица 5

Для спектрометра с детектором площадью чувствительной поверхности, мм <sup>2</sup>	Абсолютное энергетическое разрешение по линии 5156 кэВ $^{239}\text{Pu}$ , размещенного на расстоянии 50 мм от детектора, кэВ, не более:
3000	80
2000	70
1000	50
600	40
450	35
100	25

### 7.3.3 Определение интегральной нелинейности

#### 7.3.3.1 Средства измерений и вспомогательные устройства

Применяется спектрометрический альфа-источник типа ОСАИ на основе смеси радионуклидов уран-233, плутоний-239, плутоний-238 ( $^{233}\text{U}+^{239}\text{Pu}+^{238}\text{Pu}$ ).

Для выполнения требуемых операций использовать прикладное программное обеспечение.

#### 7.3.3.2 Подготовка к измерению

При проведении измерений интегральная статистическая загрузка спектрометрического тракта должна лежать в пределах от 250 до 1000 имп./с. Необходимую загрузку обеспечивать выбором активности используемого источника. Требуемая загрузка контролируется рабочим программным обеспечением.

#### 7.3.3.3 Проведение измерений

На нижнюю полку измерительной камеры поместить источник  $^{233}\text{U}+^{239}\text{Pu}+^{238}\text{Pu}$  из комплекта ОСАИ. После установления рабочего режима провести набор амплитудного спектра с временем экспозиции 10-30 минут. Число импульсов в максимуме пиков должно быть не менее 2000.



Определить с помощью прикладного программного обеспечения или вручную, с точностью 0,5 канала, положение максимумов наиболее интенсивных энергетических линий, для:  $n_1 - {}^{233}\text{U}$  (4824,0 кэВ),  $n_2 - {}^{239}\text{Pu}$  (5156,7 кэВ),  $n_3 - {}^{238}\text{Pu}$  (5499,1 кэВ). Построение линейной характеристики  $n = f(E)$  проводить методом наименьших квадратов. Линейную амплитудную характеристику спектрометра представить в виде прямой линии:

$$n = A + BE_n \quad (1)$$

где

$n$  – номер канала анализатора;

$E_n$  – соответствующее значение энергии, кэВ;

$A, B$  – коэффициенты.

Уравнение прямой представляется в виде:

$$E_n = C + Kn = \frac{1}{B}n - \frac{A}{B} \quad (2)$$

где

$C = -(A/B)$ ;

$K = 1/B$  – ширина канала анализатора, кэВ/канал.

Уравнение прямой должно удовлетворять условию: сумма квадратов отклонений экспериментальных точек от линейной характеристики должна быть минимальной, т.е.  $\sum (E_i)^2 = \min$ .

При таком условии определение коэффициентов  $A$  и  $B$  сводится к решению системы двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} A \sum W_i + B \sum W_i E_{ni} = \sum W_i n_i \\ A \sum W_i E_{ni} + B \sum W_i E_{ni}^2 = \sum W_i E_{ni} n_i \end{cases} \quad (3)$$

где

$W_i$  – вес результатов измерения положения  $i$ -го максимума альфа-спектра источника ( ${}^{233}\text{U} + {}^{239}\text{Pu} + {}^{238}\text{Pu}$ ). Поскольку положение максимума каждого нуклида измеряют с одинаковой погрешностью, то  $W_1 = W_2 = W_3 = 1$ .

Заполнить таблицу 6 по форме:

Таблица 6

$E_{ni}$ , кэВ	$n_i$	$W_i$	$W_i * E_{ni}$	$W_i * n_i$	$W_i * E_{ni}^2$	$W_i * E_{ni} * n_i$
4824,0		1	4824,0		23270976,0	
5156,7		1	5156,7		26591554,89	
5499,1		1	5499,1		30240100,81	
$\Sigma$		3	15479,8		80102631,7	

Подставить полученные значения в уравнение (3) и вычислить коэффициенты  $A$  и  $B$ .

Подставить значения  $A, B$  и  $n_i$  в уравнение (2), рассчитать значения энергий  $E_{ni \text{ выч}}$  (кэВ).

Вычислить отклонения от паспортных значений энергий  $\Delta E_{n1}, \Delta E_{n2}, \Delta E_{n3}$  в кэВ, а результаты занести в таблицу 7.

Таблица 7

Номер пика	$n_i$	$E_{n_i \text{ выч.}}, \text{ кэВ}$	$E_{n_i \text{ табл.}}, \text{ кэВ}$	$\Delta E_i =  E_{n_i \text{ выч.}} - E_{n_i \text{ абл.}} , \text{ кэВ}$
1			4824,0	
2			5156,7	
3			5499,1	

Выбрать максимальное отклонение  $\Delta E_{\max}$  из вычисленных значений  $\Delta E_{(1\ 2\ 3)}$ .

Определить абсолютное значение интегральной нелинейности, в кэВ по формуле:

$$\text{ИНЛ} = \pm \sqrt{\Delta E_{\max}^2 + (0,5 \cdot K)^2} \quad (4)$$

где

$\Delta E_{\max}$  – максимальное значение из вычисленных отклонений;

0,5 – коэффициент, учитывающий неопределенность положения максимума амплитудного распределения при ручной обработке спектра, связанный с дискретностью шкалы анализатора;

$K$  – ширина канала анализатора, кэВ/канал, определяется по формуле  $K=1/B$ .

Значение относительной интегральной нелинейности  $\text{ИНЛ}_{\text{отн}}$  в процентах определяют по формуле:

$$\text{ИНЛ}_{\text{отн}} = \pm \frac{\text{ИНЛ}}{E_n} \cdot 100\% \quad (5)$$

Результат проверки считать положительным, если вычисленное значение интегральной нелинейности ИНЛ (в энергетическом диапазоне до 5,5 МэВ) не превышает 10 кэВ.

#### 7.3.4 Определение временной нестабильности за время непрерывной работы

##### 7.3.4.1 Средства измерений и вспомогательные устройства

Применяется спектрометрический альфа-источник типа ОСАИ на основе смеси радионуклидов уран-233, плутоний-239, плутоний-238 ( $^{233}\text{U} + ^{239}\text{Pu} + ^{238}\text{Pu}$ ).

Для выполнения требуемых операций использовать прикладное программное обеспечение.

##### 7.3.4.2 Подготовка к измерению

При проведении измерений интегральная статистическая нагрузка спектрометрического тракта должна лежать в пределах от 250 до 1000 имп./с. Необходимую нагрузку обеспечивать выбором активности используемого источника. Требуемая нагрузка контролируется рабочим программным обеспечением.

##### 7.3.4.3 Проведение измерений

На нижнюю полку измерительной камеры поместить источник  $^{233}\text{U} + ^{239}\text{Pu} + ^{238}\text{Pu}$  из комплекта ОСАИ. После установления рабочего режима провести циклический набор амплитудных спектров в течение 8 часов, экспозиция набора единичного спектра 600 с, пауза 2400 с, количество спектров – 10. Число импульсов в максимуме пиков должно быть не менее 2000. Набор производить по реальному времени.

В каждом спектре определить номера каналов, соответствующих максимумам пиков с энергиями 4824,0; 5156,7; 5499,1 кэВ. Для каждого значения энергии (по 10 измерениям)



вычислить средние квадратические отклонения (далее – СКО). Среднее положение каждого максимума ( $\bar{n}$ ) и СКО от него ( $\sigma$ ) рассчитать по формулам:

$$\bar{n}_1 = \frac{\sum n_{1i}}{10} \quad \bar{n}_2 = \frac{\sum n_{2i}}{10} \quad \bar{n}_3 = \frac{\sum n_{3i}}{10} \quad (6)$$

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{\sum (\bar{n}_1 - n_{1i})^2}{9}} \quad \sigma_2 = \sqrt{\frac{\sum (\bar{n}_2 - n_{2i})^2}{9}} \quad \sigma_3 = \sqrt{\frac{\sum (\bar{n}_3 - n_{3i})^2}{9}} \quad (7)$$

где

$n_1, n_2, n_3$  – положение максимумов пиков для интенсивных альфа-линий источника с энергиями (4824,0; 5156,7; 5499,1) кэВ соответственно в каждом измерении, каналы;

$\bar{n}_1, \bar{n}_2, \bar{n}_3$  – среднее положение максимумов интенсивных альфа-линий источника соответственно, каналы;

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  – СКО ряда измерений положений максимумов интенсивных альфа-линий источника соответственно, каналы.

Занести полученные результаты в таблицу 8.

Таблица 8

Номер измерения	Время, мин	Номер канала			$\bar{K}_i$ , кэВ/канал
		$n_1$ (4824,0 кэВ)	$n_2$ (5156,7 кэВ)	$n_3$ (5499,1 кэВ)	
1	10				
2	60				
3	110				
4	160				
5	210				
6	260				
7	310				
8	360				
9	410				
10	460				
Среднее значение		$\bar{n}_1 =$	$\bar{n}_2 =$	$\bar{n}_3 =$	$\bar{K} =$
СКО		$\sigma_1 =$	$\sigma_2 =$	$\sigma_3 =$	

Выбрать максимальное из  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  значений  $\sigma_{\max}$ .

Вычислить значение временной нестабильности ( $D_t$ ) в кэВ по формуле:

$$D_t = \pm (\sigma_{\max} + \delta) \cdot \bar{K} \quad (8)$$

или в процентах из уравнения:

$$D_{t \text{ отн}} = \pm \frac{D_t}{E_{i3}} \times 100 \quad (9)$$

где

$\sigma_{\max}$  – максимальное из средних квадратических отклонений максимума, каналы;

$\delta$  – погрешность, связанная с дискретностью ширины канала и равная 0,5 канала;

$E_{i3}$  – энергия интенсивной альфа-линии 5499,1 кэВ ( $^{238}\text{Pu}$ ).

$K$  – среднее значение энергетической цены канала анализатора, кэВ/канал,

$$\bar{K} = \frac{\sum K_i}{10}$$

определенное по результатам измерений всех значений  $K_i$ , по формуле

Ширина канала анализатора для каждого измерения ( $K_i$ ) определяется по формуле  $K_i = (E_{n3} - E_{n1}) / (n_3 - n_1)$ , где  $E_{n1}$  и  $E_{n3}$  наиболее интенсивные линии  $^{233}\text{U}$  (4824,0 кэВ) и  $^{238}\text{Pu}$  (5499,1 кэВ),  $n_1$  и  $n_3$  положения максимумов этих линий в каналах.

Результат проверки считать положительным, если полученное значение временной нестабильности за время непрерывной работы не превышает 10 кэВ.

### 7.3.5 Определение времени установления рабочего режима

#### 7.3.5.1 Средства измерений и вспомогательные устройства

Применяется спектрометрический альфа-источник типа ОСАИ на основе смеси радионуклидов уран-233, плутоний-239, плутоний-238 ( $^{233}\text{U} + ^{239}\text{Pu} + ^{238}\text{Pu}$ ).

Для выполнения требуемых операций использовать прикладное программное обеспечение.

#### 7.3.5.2 Подготовка к измерению

При проведении измерений интегральная статистическая загрузка спектрометрического тракта должна лежать в пределах от 250 до 1000 имп./с. Необходимую загрузку обеспечивать выбором активности используемого источника. Требуемая загрузка контролируется рабочим программным обеспечением.

#### 7.3.5.3 Проведение измерений

На нижнюю полку измерительной камеры поместить источник  $^{233}\text{U} + ^{239}\text{Pu} + ^{238}\text{Pu}$  из комплекта ОСАИ. В течение 60 минут после включения спектрометра провести циклический набор амплитудных спектров, экспозиция набора единичного спектра 120 с, пауза 300 с, количество спектров – 12. Набор производить по реальному времени.

В каждом полученном спектре определить номер канала, соответствующего максимуму пика 5499,1 кэВ и число импульсов в этом пике (включая низкоэнергетичный «хвост»). Измерения спектров и их обработку проводить с использованием прикладного программного обеспечения. Занести полученные данные в таблицу 9.

Время установления рабочего режима определить как время между включением спектрометра и моментом, когда начинают выполняться два неравенства:

$$|N_i - N| < 1,4 \cdot S_n \cdot N \quad (10)$$

$$|K_i - K| < \frac{\sigma_{\text{вн}}}{\Delta} \quad (11)$$

где

$N_i$ ,  $K_i$  – число зарегистрированных импульсов в пике и номер канала максимума пика соответственно;

$N$ ,  $K$  – средние арифметические значения числа импульсов в пике и номера канала максимума по трем последним измерениям (по измерениям № 10, 11, 12);

$S_n$  – относительное СКО числа импульсов в пике,  $S_n = k \cdot \sqrt{N} / N$ ;  $k=1/2$ ;



$\sigma_{\text{вн}}$  – временная нестабильность спектрометра, в соответствии с 7.3.4;

$\Delta$  – энергетическая цена деления канала, кэВ/канал, определяется по формуле:  
 $\Delta = (E_{n_3} - E_{n_1}) / (n_3 - n_1)$ , где  $E_{n_1}$  и  $E_{n_3}$  наиболее интенсивные линии  $^{233}\text{U}$  (4824,0 кэВ) и  $^{238}\text{Pu}$  (5499,1 кэВ),  $n_1$  и  $n_3$  положения максимумов этих линий в каналах.

Таблица 9

Номер измерения	Время, мин	Номер канала максимума пика, $K_i$	$ K_i - K $	$\frac{\sigma_{\%}}{\Delta}$	Число импульсов в пике, $N_i$	$ N_i - N $	$1,4 \cdot S_n \cdot N$
1	2						
2	7						
3	12						
4	17						
5	22						
6	27						
7	32						
8	37						
9	42						
10	47						
11	52						
12	57						
		K =			N =		

Результат проверки считать положительным, если оба неравенства (10) и (11) выполняются в пределах с 1 по 9 измерения, соответствующее времени 45 мин.

### 7.3.6 Определение фона в энергетическом диапазоне от 3,5 до 6,0 МэВ

#### 7.3.6.1 Средства измерений и вспомогательные устройства

Для выполнения требуемых операций использовать прикладное программное обеспечение.

#### 7.3.6.2 Подготовка к измерению

Убрать калибровочные источники из измерительной камеры.

При необходимости провести дезактивацию измерительной камеры.

#### 7.3.6.3 Проведение измерений

Провести набор амплитудного спектра с временем экспозиции 60 минут. Выделить в энергетическом диапазоне регистрируемых энергий энергетическую зону от 3,5 до 6,0 МэВ. Рассчитать интенсивность регистрации в выделенной энергетической зоне спектра.

Результат проверки считать положительным, если вычисленное значение интенсивности регистрации в энергетическом диапазоне от 3,5 до 6,0 МэВ не превышает значения  $0,003 \text{ с}^{-1}$  более чем в три раза.

## 8 Оформление результатов поверки

8.1 Положительный результаты поверки оформляют выдачей свидетельства о поверке по установленной форме в соответствии с действующими правовыми нормативными документами.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке в виде наклейки или оттиска поверительного клейма.

8.2 При отрицательных результатах поверки спектрометр к применению не допускается, и на него выдаётся извещение о непригодности установленной формы с указанием причин непригодности.

Начальник лаборатории  
Менделеевского филиала  
ФБУ «Ростест-Москва»



И.В. Акимов

Главный специалист лаборатории  
Менделеевского филиала  
ФБУ «Ростест-Москва»



М.В. Чаузова





ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,  
МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В Г. МОСКВЕ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ»  
(ФБУ «РОСТЕСТ-МОСКВА»)**

**Протокол испытаний № 1**

Наименование и адрес испытателя: Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в г. Москве и Московской области» (ФБУ «Ростест – Москва»), регистрационный номер 30083-14 в Реестре аккредитованных лиц в области обеспечения единства измерений Росаккредитации.

Наименование и адрес изготовителя: Закрытое акционерное общество Научно-производственный центр «АСПЕКТ» им. Ю.К. Недачина (ЗАО НПЦ «АСПЕКТ»), 141980, Московская область, г. Дубна, ул. В.И. Векслера, д.6

Дата проведения испытаний: с 25 по 27.05.2020 г.

Место проведения испытаний: Менделеевский филиал ФБУ «Ростест-Москва», Московская область, Солнечногорский р-н, р.п. Менделеево

Объект испытаний: Спектрометр энергий альфа-излучения полупроводниковый СЭА-13П1 № 0073-20

Методика проведения испытаний: РТ-МП-7206-03-2020

Цель испытаний: Опробование методики поверки

Условия проведения испытаний:

- температура окружающего воздуха	21,5...22,5 °С;
- атмосферное давление	100,1...100,3 кПа;
- относительная влажность воздуха	71,9...74,2 %.

Эталоны и испытательное оборудование:

- источник альфа-излучения радионуклидный спектрометрический эталонный ОСАИ рег. № 56659-14 на основе  $^{238}\text{Pu}$  №П8-49., активность  $3,52 \cdot 10^4$  Бк, внешнее альфа-излучение в телесном угле  $2\pi$   $1,76 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$  на 20.08.2018, погрешность активности 4 %, погрешность внешнего излучения 4%, свидетельство о поверке № 4/420-1385-19 действительно до 19.08.2021 г.;
- источник альфа-излучения на основе  $^{236}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{244}\text{Cm}$ , суммарная активность  $4,30 \cdot 10^2$  Бк, внешнее альфа-излучение в телесном угле  $2\pi$   $2,15 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$  на 20.08.2019, расширенная неопределенность активности 4 %, расширенная неопределенность внешнего излучения 4%, сертификат калибровки № 4/420-1379-19 от 20.08.2019 г.;
- термогигрометр ИВА-6Н, зав.№ 7168, диапазон измерений влажности от 0 до 98%, погрешность  $\pm 2\%$ , температуры от 0 до 60 °С, погрешность  $\pm 0,5$  °С, свидетельство о поверке № АБ 0091254 до 31.03.2021 г.;
- барометр-анероид контрольный М-67, зав. № 82, диапазон измерений от 610 до 790 мм рт.ст., погрешность  $\pm 0,8$  мм рт.ст., свидетельство о поверке № АБ 0071716 до 06.06.2020 г.

М.В. Чаузова

Результаты испытаний

Наименование операции	Полученное значение	Требования
<p>Внешний осмотр п. 7.1</p>	<p>При внешнем осмотре установлено:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• крепление сетевых вилок в розетках надежно;</li> <li>• комплект соединительных кабелей обеспечивает соединение составных частей спектрометра в соответствии со схемой, кабели не имеют видимых повреждений;</li> <li>• комплектность спектрометра соответствует разделу 3 паспорта ДЦКИ.412131.003 ПС;</li> <li>• пломба на блоке альфа-спектрометра не имеет повреждений;</li> <li>• наименование прикладного ПО: SpectraLineADA, совпадает с указанным в документации на спектрометр;</li> <li>• номер версии прикладного ПО 1.7.8751, не ниже приведённого в описании типа средства измерений. Номер версии ПО должен быть указан в приложении к действующему свидетельству о поверке спектрометра;</li> <li>• цифровой идентификатор прикладного ПО (контрольная сумма) совпадает с указанным для версии ПО, приведённой в документации.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– крепление сетевых вилок в розетках должно быть надежно;</li> <li>– комплект соединительных кабелей должен обеспечивать соединение составных частей спектрометра в соответствии со схемой, кабели не должны иметь видимых повреждений;</li> <li>– комплектность спектрометра должна соответствовать разделу 3 паспорта ДЦКИ.412131.003 ПС;</li> <li>– пломба на блоке альфа-спектрометра должна быть не повреждена;</li> <li>– наименование прикладного ПО должно совпадать с указанным в таблице 4 РТ-МП-7206-03-2020 (SpectraLineADA);</li> <li>– номер версии прикладного ПО должен быть не ниже 1.5.3068. Номер версии ПО должен быть указан в приложении к действующему свидетельству о поверке спектрометра;</li> <li>– цифровой идентификатор прикладного ПО (контрольная сумма) должен совпадать с указанным для версии ПО, приведённой в таблице 4, либо должен совпадать с указанным в приложении к действующему свидетельству о поверке спектрометра;</li> <li>– наименование,</li> </ul>



Наименование операции	Полученное значение	Требования																																																	
		номер версии и цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма) отображаются в прикладном ПО в окне меню «Справка/О программе».																																																	
Опробование п. 7.2	Функции анализатора программы «Набор», «Очистка», «Стоп», задание и отработка времени экспозиции работают корректно, без сбоев. Производится обработка спектров, определение активности в образце.	Анализаторные функции спектрометра должны правильно функционировать: «Набор», «Очистка», «Стоп», задание и отработка времени экспозиции и др. Программа обработки спектров должна правильно функционировать.																																																	
Определение верхней границы диапазона регистрируемых энергий п. 7.3.1	При проведении энергетической калибровки значение энергии в 4096 канале составило 9,0 МэВ	Значение энергии в последнем канале анализатора находится в диапазоне от 8,0 до 10,0 МэВ																																																	
Определение абсолютного энергетического разрешения п. 7.3.2	Полученное значение абсолютного энергетического разрешения по линии 5156 кэВ <sup>239</sup> Pu составило 39 кэВ	Значение абсолютного энергетического разрешения спектрометра по линии 5156 кэВ <sup>239</sup> Pu для детектора с площадью чувствительной поверхности 3000 мм <sup>2</sup> должно быть менее 80 кэВ																																																	
Определение интегральной нелинейности п. 7.3.3	<table border="1"> <thead> <tr> <th>E<sub>ni</sub></th> <th>n<sub>i</sub></th> <th>W<sub>i</sub></th> <th>W<sub>i</sub>*E<sub>ni</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4 495,50</td> <td>3 605,359</td> <td>1,00</td> <td>4 495,50</td> </tr> <tr> <td>4 774,90</td> <td>3 836,291</td> <td>1,00</td> <td>4 774,90</td> </tr> <tr> <td>5 156,20</td> <td>4 153,170</td> <td>1,00</td> <td>5 156,20</td> </tr> <tr> <td>5 485,56</td> <td>4 425,801</td> <td>1,00</td> <td>5 485,56</td> </tr> <tr> <td>5 805,00</td> <td>4 687,382</td> <td>1,00</td> <td>5 805,00</td> </tr> <tr> <td>Σ</td> <td>20 708,00</td> <td>5,00</td> <td>25 717,16</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>W<sub>i</sub>*n<sub>i</sub></th> <th>W<sub>i</sub>*E<sub>ni</sub><sup>2</sup></th> <th>W<sub>i</sub>*E<sub>ni</sub>*n<sub>i</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3 605,36</td> <td>20 209 520,25</td> <td>16 207 891,38</td> </tr> <tr> <td>3 836,29</td> <td>22 799 670,01</td> <td>18 317 905,90</td> </tr> <tr> <td>4 153,17</td> <td>26 586 398,44</td> <td>21 414 575,15</td> </tr> <tr> <td>4 425,80</td> <td>30 091 368,51</td> <td>24 277 996,93</td> </tr> <tr> <td>4 687,38</td> <td>33 698 025,00</td> <td>27 210 252,51</td> </tr> <tr> <td>20 708,00</td> <td>133 384 982,21</td> <td>107 428 621,88</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">A=112,1 B=0,83</p>	E <sub>ni</sub>	n <sub>i</sub>	W <sub>i</sub>	W <sub>i</sub> *E <sub>ni</sub>	4 495,50	3 605,359	1,00	4 495,50	4 774,90	3 836,291	1,00	4 774,90	5 156,20	4 153,170	1,00	5 156,20	5 485,56	4 425,801	1,00	5 485,56	5 805,00	4 687,382	1,00	5 805,00	Σ	20 708,00	5,00	25 717,16	W <sub>i</sub> *n <sub>i</sub>	W <sub>i</sub> *E <sub>ni</sub> <sup>2</sup>	W <sub>i</sub> *E <sub>ni</sub> *n <sub>i</sub>	3 605,36	20 209 520,25	16 207 891,38	3 836,29	22 799 670,01	18 317 905,90	4 153,17	26 586 398,44	21 414 575,15	4 425,80	30 091 368,51	24 277 996,93	4 687,38	33 698 025,00	27 210 252,51	20 708,00	133 384 982,21	107 428 621,88	Вычисленное значение интегральной нелинейности ИНЛ (в энергетическом диапазоне до 5,5 МэВ) не превышает 10 кэВ
E <sub>ni</sub>	n <sub>i</sub>	W <sub>i</sub>	W <sub>i</sub> *E <sub>ni</sub>																																																
4 495,50	3 605,359	1,00	4 495,50																																																
4 774,90	3 836,291	1,00	4 774,90																																																
5 156,20	4 153,170	1,00	5 156,20																																																
5 485,56	4 425,801	1,00	5 485,56																																																
5 805,00	4 687,382	1,00	5 805,00																																																
Σ	20 708,00	5,00	25 717,16																																																
W <sub>i</sub> *n <sub>i</sub>	W <sub>i</sub> *E <sub>ni</sub> <sup>2</sup>	W <sub>i</sub> *E <sub>ni</sub> *n <sub>i</sub>																																																	
3 605,36	20 209 520,25	16 207 891,38																																																	
3 836,29	22 799 670,01	18 317 905,90																																																	
4 153,17	26 586 398,44	21 414 575,15																																																	
4 425,80	30 091 368,51	24 277 996,93																																																	
4 687,38	33 698 025,00	27 210 252,51																																																	
20 708,00	133 384 982,21	107 428 621,88																																																	

Наименование операции	Полученное значение					Требования																																																																																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N</th> <th><math>n_i</math></th> <th><math>E_{\text{выч}}</math></th> <th><math>E_{\text{таб}}</math></th> <th>DE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3 605,36</td> <td>4 495,03</td> <td>4 495,50</td> <td>0,47</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3 836,29</td> <td>4 774,26</td> <td>4 774,90</td> <td>0,64</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>4 153,17</td> <td>5 157,42</td> <td>5 156,20</td> <td>1,22</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4 425,80</td> <td>5 487,08</td> <td>5 485,56</td> <td>1,52</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>4 687,38</td> <td>5 803,37</td> <td>5 805,00</td> <td>1,63</td> </tr> </tbody> </table> <p>Вычисленное значение интегральной нелинейности ИНЛ составило 1,73 кэВ</p>					N	$n_i$	$E_{\text{выч}}$	$E_{\text{таб}}$	DE	1	3 605,36	4 495,03	4 495,50	0,47	2	3 836,29	4 774,26	4 774,90	0,64	3	4 153,17	5 157,42	5 156,20	1,22	4	4 425,80	5 487,08	5 485,56	1,52	5	4 687,38	5 803,37	5 805,00	1,63																																																							
N	$n_i$	$E_{\text{выч}}$	$E_{\text{таб}}$	DE																																																																																						
1	3 605,36	4 495,03	4 495,50	0,47																																																																																						
2	3 836,29	4 774,26	4 774,90	0,64																																																																																						
3	4 153,17	5 157,42	5 156,20	1,22																																																																																						
4	4 425,80	5 487,08	5 485,56	1,52																																																																																						
5	4 687,38	5 803,37	5 805,00	1,63																																																																																						
Определение временной нестабильности за время непрерывной работы п. 7.3.4	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Номер измерения</th> <th rowspan="2">Время, мин</th> <th colspan="2">Номер канала</th> <th rowspan="2"><math>K_i</math>, кэВ/канал</th> </tr> <tr> <th><math>n_2</math> (5156,7 кэВ)</th> <th><math>n_3</math> (5499,1 кэВ)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>10</td><td>4180,1</td><td>4455,9</td><td>1,24</td></tr> <tr><td>2</td><td>70</td><td>4179,9</td><td>4454,9</td><td>1,25</td></tr> <tr><td>3</td><td>130</td><td>4180,2</td><td>4455,3</td><td>1,25</td></tr> <tr><td>4</td><td>190</td><td>4180,7</td><td>4456,1</td><td>1,25</td></tr> <tr><td>5</td><td>250</td><td>4180,4</td><td>4456,9</td><td>1,24</td></tr> <tr><td>6</td><td>310</td><td>4180,8</td><td>4456,2</td><td>1,25</td></tr> <tr><td>7</td><td>370</td><td>4180,7</td><td>4457,3</td><td>1,24</td></tr> <tr><td>8</td><td>430</td><td>4181,0</td><td>4457,5</td><td>1,24</td></tr> <tr><td>9</td><td>490</td><td>4181,6</td><td>4457,6</td><td>1,24</td></tr> <tr> <td>Среднее значение</td> <td></td> <td><math>\bar{n}_1 = 4180,6</math></td> <td><math>\bar{n}_2 = 4456,4</math></td> <td><math>\bar{K} = 1,2</math></td> </tr> <tr> <td>СКО</td> <td></td> <td><math>\sigma_1 = 0,5</math></td> <td><math>\sigma_2 = 1,0</math></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Временная нестабильность за время непрерывной работы составила 1,9 кэВ</p>					Номер измерения	Время, мин	Номер канала		$K_i$ , кэВ/канал	$n_2$ (5156,7 кэВ)	$n_3$ (5499,1 кэВ)	1	10	4180,1	4455,9	1,24	2	70	4179,9	4454,9	1,25	3	130	4180,2	4455,3	1,25	4	190	4180,7	4456,1	1,25	5	250	4180,4	4456,9	1,24	6	310	4180,8	4456,2	1,25	7	370	4180,7	4457,3	1,24	8	430	4181,0	4457,5	1,24	9	490	4181,6	4457,6	1,24	Среднее значение		$\bar{n}_1 = 4180,6$	$\bar{n}_2 = 4456,4$	$\bar{K} = 1,2$	СКО		$\sigma_1 = 0,5$	$\sigma_2 = 1,0$		Полученное значение временной нестабильности за время непрерывной работы не превышает 10 кэВ																						
Номер измерения	Время, мин	Номер канала		$K_i$ , кэВ/канал																																																																																						
		$n_2$ (5156,7 кэВ)	$n_3$ (5499,1 кэВ)																																																																																							
1	10	4180,1	4455,9	1,24																																																																																						
2	70	4179,9	4454,9	1,25																																																																																						
3	130	4180,2	4455,3	1,25																																																																																						
4	190	4180,7	4456,1	1,25																																																																																						
5	250	4180,4	4456,9	1,24																																																																																						
6	310	4180,8	4456,2	1,25																																																																																						
7	370	4180,7	4457,3	1,24																																																																																						
8	430	4181,0	4457,5	1,24																																																																																						
9	490	4181,6	4457,6	1,24																																																																																						
Среднее значение		$\bar{n}_1 = 4180,6$	$\bar{n}_2 = 4456,4$	$\bar{K} = 1,2$																																																																																						
СКО		$\sigma_1 = 0,5$	$\sigma_2 = 1,0$																																																																																							
Определение времени установления рабочего режима п. 7.3.5	<table border="1"> <thead> <tr> <th>№</th> <th>Время, мин</th> <th><math>K_i</math>, канал</th> <th><math> K_i - K </math></th> <th><math>N_i</math>, имп</th> <th><math> N_i - N </math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>5</td><td>4395,3</td><td>0,43</td><td>178444</td><td>687,3</td></tr> <tr><td>2</td><td>10</td><td>4395,4</td><td>0,48</td><td>177432</td><td>324,8</td></tr> <tr><td>3</td><td>15</td><td>4395,1</td><td>0,21</td><td>179083</td><td>1326,3</td></tr> <tr><td>4</td><td>20</td><td>4394,9</td><td>0,03</td><td>178611</td><td>854,3</td></tr> <tr><td>5</td><td>25</td><td>4394,8</td><td>0,09</td><td>178206</td><td>449,3</td></tr> <tr><td>6</td><td>30</td><td>4394,9</td><td>0,03</td><td>177150</td><td>606,8</td></tr> <tr><td>7</td><td>35</td><td>4394,6</td><td>0,24</td><td>178402</td><td>645,3</td></tr> <tr><td>8</td><td>40</td><td>4394,8</td><td>0,05</td><td>177036</td><td>720,8</td></tr> <tr><td>9</td><td>45</td><td>4394,6</td><td>0,23</td><td>177561</td><td>195,8</td></tr> <tr><td>10</td><td>50</td><td>4394,7</td><td>0,18</td><td>176630</td><td>1126,8</td></tr> <tr><td>11</td><td>55</td><td>4394,6</td><td>0,23</td><td>177517</td><td>239,8</td></tr> <tr><td>12</td><td>60</td><td>4394,7</td><td>0,18</td><td>177009</td><td>747,8</td></tr> <tr> <td></td> <td>K=</td> <td>4394,9</td> <td>N=</td> <td>177756,8</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Условия выполняются после 3 измерений.</p>					№	Время, мин	$K_i$ , канал	$ K_i - K $	$N_i$ , имп	$ N_i - N $	1	5	4395,3	0,43	178444	687,3	2	10	4395,4	0,48	177432	324,8	3	15	4395,1	0,21	179083	1326,3	4	20	4394,9	0,03	178611	854,3	5	25	4394,8	0,09	178206	449,3	6	30	4394,9	0,03	177150	606,8	7	35	4394,6	0,24	178402	645,3	8	40	4394,8	0,05	177036	720,8	9	45	4394,6	0,23	177561	195,8	10	50	4394,7	0,18	176630	1126,8	11	55	4394,6	0,23	177517	239,8	12	60	4394,7	0,18	177009	747,8		K=	4394,9	N=	177756,8		Время установления рабочего режима не должно превышать 45 мин
№	Время, мин	$K_i$ , канал	$ K_i - K $	$N_i$ , имп	$ N_i - N $																																																																																					
1	5	4395,3	0,43	178444	687,3																																																																																					
2	10	4395,4	0,48	177432	324,8																																																																																					
3	15	4395,1	0,21	179083	1326,3																																																																																					
4	20	4394,9	0,03	178611	854,3																																																																																					
5	25	4394,8	0,09	178206	449,3																																																																																					
6	30	4394,9	0,03	177150	606,8																																																																																					
7	35	4394,6	0,24	178402	645,3																																																																																					
8	40	4394,8	0,05	177036	720,8																																																																																					
9	45	4394,6	0,23	177561	195,8																																																																																					
10	50	4394,7	0,18	176630	1126,8																																																																																					
11	55	4394,6	0,23	177517	239,8																																																																																					
12	60	4394,7	0,18	177009	747,8																																																																																					
	K=	4394,9	N=	177756,8																																																																																						



Наименование операции	Полученное значение	Требования
	Время установления рабочего режима 15 мин.	
Определение фона в энергетическом диапазоне от 3,5 до 6,0 МэВ п. 7.3.6	Фон в энергетическом диапазоне от 3,5 до 6,0 МэВ составил 7 импульсов. Интенсивность регистрации в энергетическом диапазоне от 3,5 до 6,0 МэВ составила 0,002 с <sup>-1</sup>	Вычисленное значение интенсивности регистрации в энергетическом диапазоне от 3,5 до 6,0 МэВ не превышает значения 0,003 с <sup>-1</sup> более чем в три раза

Результаты испытаний положительные.

Начальник лаборатории  
Менделеевского филиала ФБУ «Ростест-Москва»



И.В. Акимов

Главный специалист лаборатории  
Менделеевского филиала ФБУ «Ростест-Москва»



М.В. Чаузова