

**УТВЕРЖДАЮ**

**Руководитель ГЦИ СИ,  
Заместитель генерального  
директора ФГУП «ВНИИФТРИ»**



**М.В. Балаханов**

«06» 06 2010 г.

**Спектрометры энергий рентгеновского излучения  
СЕР-01**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ  
ААЕС.412131.001-01 МП**

*л.р 44726-10*

**СОГЛАСОВАНО**

**Директор ЦО «Элватех»**

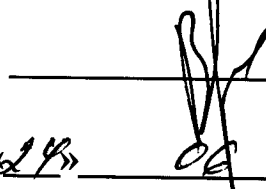


**А.С. Филиппов**

« 18 06 2010 г.

**СОГЛАСОВАНО**

**Руководитель НИО-4  
ФГУП «ВНИИФТРИ»**



**В.П. Ярына**

«14» 06 2010 г.

Настоящая методика поверки устанавливает методы и средства поверки спектрометров энергий рентгеновского излучения СЕР-01 (далее – спектрометров) при первичной и периодической поверке.

Поверка спектрометров проводится при выпуске из производства, после ремонта и в процессе эксплуатации и хранения.

Первичной поверке подлежат спектрометры при выпуске из производства и после ремонта.

Межповерочный интервал – один год.

### **1. Требования к квалификации поверителей.**

К проведению измерений и обработке результатов измерений допускаются поверители, имеющие профессиональные знания в области радиометрии и спектрометрии.

### **2. Требования к технике безопасности.**

При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности следующих документов:

- СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).
- Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99.

Так как блок регистрации включает в себя генератор рентгеновского излучения, при работе со спектрометром следует контролировать соблюдение гигиенических требований и нормативов по обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при разработке, производстве, транспортировании, хранении, монтаже, использовании, ремонте, демонтаже и утилизации приборов и установок (аппаратов), являющихся источниками рентгеновского излучения при ускоряющем напряжении от 10 до 100 кВ (низкоэнергетического рентгеновского излучения - НРИ) в соответствии с СП 2.6.1.1282-03 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации источников, генерирующих рентгеновское излучение при ускоряющем напряжении от 10 до 100 кВ».

К работе могут быть допущены только сотрудники, имеющие допуск к работе с источниками ионизирующих излучений.

### **3. Условия поверки.**

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия.

- температура окружающей среды от 19 до 21 °С;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт.ст.);
- относительная влажность воздуха не более 80 %;
- отсутствие дополнительных источников ионизирующего излучения.

#### **4. Подготовка к поверке.**

Должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- проверка комплектности средств поверки и действующих свидетельств на них в соответствии с методикой поверки;
- проверка наличия свидетельства о первичной поверке спектрометра при проведении периодической поверки.

Подготовка спектрометра к поверке и работа с ним, а также с используемыми при поверке эталонными средствами измерения, проводится в соответствии с инструкциями по их эксплуатации, Основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99) и СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99/2009).

#### **5. Проведение поверки.**

**5.1. При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции:**

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Обязательность проведения операции при	
		первичной поверке	периодической поверки
1. Внешний осмотр	5.3	Да	Да
2. Опробование	5.4	Да	Да
3. Определение диапазона энергии регистрируемого излучения и интегральной нелинейности	5.5.1	Да	Да
4. Определение энергетического разрешения	5.5.2	Да	Да
5. Определение долговременной нестабильности градуировочной характеристики, времени установления рабочего режима и времени непрерывной работы	5.5.3	Да	Нет
6. Определение максимальной загрузки	5.5.4	Да	Нет
7. Определение относительного смещения энергетического положения спектральных линий, при изменении входной статистической загрузки от $10^3$ до $10^4$ с <sup>-1</sup>	5.5.4	Да	Нет

## 5.2 Средства поверки.

При проведении поверки должны применяться эталонные и вспомогательные средства измерений, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Наименование эталонного средства измерений, основные метрологические характеристики
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1. Внешний осмотр	5.3	
2. Опробование	5.4	Источники $^{54}\text{Mn}$ , $^{57}\text{Co}$ и $^{241}\text{Am}$ из комплекта ОСГИ. Погрешность 3% ( $P=0,95$ )
3. Определение диапазона энергии регистрируемого излучения и интегральной нелинейности	5.5.1	Источники $^{109}\text{Cd}$ , $^{54}\text{Mn}$ , $^{44}\text{Ti}$ - $^{44}\text{Sc}$ , $^{57}\text{Co}$ и $^{241}\text{Am}$ из комплекта ОСГИ.
4. Определение энергетического разрешения	5.5.2	Источники $^{54}\text{Mn}$ из комплекта ОСГИ.
5. Определение долговременной нестабильности градуировочной характеристики, времени установления рабочего режима и времени непрерывной работы	5.5.3	Источники $^{54}\text{Mn}$ и $^{241}\text{Am}$ из комплекта ОСГИ.
6. Определение максимальной загрузки	5.5.4	Источники $^{54}\text{Mn}$ , $^{57}\text{Co}$ и $^{241}\text{Am}$ из комплекта ОСГИ.
7. Определение относительного смещения энергетического положения спектральных линий, при изменении входной статистической загрузки от $10^3$ до $10^4 \text{ c}^{-1}$	5.5.4	Источники $^{54}\text{Mn}$ , $^{57}\text{Co}$ и $^{241}\text{Am}$ из комплекта ОСГИ.

Примечание:

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

### 5.3. Внешний осмотр.

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие спектрометра следующим требованиям:

- крепление шин заземления и сетевых вилок должно быть надежно;
- комплект соединительных кабелей должен обеспечивать соединение блоков спектрометра в соответствии со схемой, кабели не должны иметь видимых повреждений;
- комплектность спектрометра должна соответствовать технической документации.

### 5.4. Опробование.

Опробование спектрометра проводят после истечения времени установления рабочего режима, т.е. 30 минут. При опробовании использовать программное обеспечение установленное на спектрометр.

Проверяют правильность функционирования анализаторных функций спектрометра: "Набор", "Очистка", "Стоп", задание и отработку времени экспозиции и др. Проверяют правильность функционирования программы обработки спектров.

### 5.5. Измерение метрологических характеристик.

#### 5.5.1 Измерение диапазона энергии регистрируемого излучения и интегральной нелинейности (п.4 ГОСТ 26874-86).

Сущность метода заключается в обработке спектрометрической информации, получаемой при регистрации нескольких (не менее 5) моноэнергетических линий ионизирующего излучения, перекрывающих диапазон регистрации (рабочий диапазон).

Источник (источники) располагаются по оси детектора на таком расстоянии, при котором статистическая загрузка спектрометра не превышает 1000 имп/с. Число отсчетов в каждом пике полного поглощения (площадь пика) должно быть не менее 5000.

Последовательность действий должна соответствовать ниже приведенным пунктам.

Выполнить измерения спектров источников рентгеновского излучения  $^{109}\text{Cd}$  (2.98 кэВ),  $^{44}\text{Ti}+^{44}\text{Sc}$  (4,09 кэВ),  $^{54}\text{Mn}$  (5,41 кэВ),  $^{57}\text{Co}$  (6,40; 7,06 и 14,41 кэВ) и  $^{241}\text{Am}$  (13.9; 17.7; 20.8 и 26.3 кэВ).

С помощью программного обеспечения определить положения центроид  $n_{ci}$  измеренных линий спектров, считая характеристику преобразования спектрометра прямой линией.

С помощью программы регрессионного анализа найти методом наименьших квадратов зависимость между номерами каналов, отвечающих центроидам пиков и соответствующими энергиями. Пересчитать номера каналов в энергии  $E_{ci}$  по найденным коэффициентам. Вычислить разности  $\Delta E_i$  и определить максимальное по модулю значение отклонения  $\Delta E_{imax}$  между измеренными значениями энергии  $\Delta E_{ci}$  и табличными значениями энергий этих же линий  $\Delta E_{Ti..}$

Вычислить значение интегральной нелинейности (ИНЛ) в процентах по формуле.

$$\text{ИНЛ} = \frac{\Delta E_{\text{imax}}}{E_{\text{imax}}} \times 100, \quad (1)$$

где  $E_{\text{imax}}$  – энергия, соответствующая пику с наибольшей энергией из числа обрабатываемых.

Измерение ИНЛ спектрометра одновременно является проверкой диапазона регистрируемых энергий.

Спектрометр считается выдержавшим проверку на соответствие п. 3 табл. 1, если вычисленное значение ИНЛ соответствует требованию ТУ.

### 5.5.2. Измерение энергетического разрешения (п.3 ГОСТ 26874-86).

Сущность метода заключается в обработке спектрометрической информации, получаемой при регистрации одной моноэнергетической линий ионизирующего излучения, и определения ширины пика полного поглощения, соответствующего этой моноэнергетической линии, на его полувысоте.

Измерение энергетического разрешения спектрометра произвести в следующей последовательности.

Подготовить спектрометр к работе. Измерения начать через время, равное или превышающее время установления рабочего режима спектрометра, т.е. 30 минут.

Произвести измерение энергетического разрешения спектрометра по линии 5,41 кэВ источника  $^{54}\text{Mn}$ .

Примечание: 1) Энергетическая градуировка спектрометра (определение энергетической ширины канала) определяется по формуле:

$$K = \frac{E_2 - E_1}{n_2 - n_1} \quad (2)$$

где  $n_1, n_2$  — положения центроид пиков, отвечающих энергиям  $E_1, E_2$ .

Энергетическое разрешение спектрометра на полувысоте пиков полного поглощения соответствующей энергии определяется с помощью программного обеспечения по формуле:

$$\eta = D_{1/2} * K \quad (3)$$

где  $D_{1/2}$  – ширина пика на полувысоте в каналах.

**5.5.3. Определение долговременной нестабильности градуировочной характеристики, времени установления рабочего режима и времени непрерывной работы.**

Измерение нестабильности характеристики преобразования (временной нестабильности) времени установления рабочего режима и времени непрерывной работы (п.6 ГОСТ 26874-86).

Проверку нестабильности характеристики преобразования спектрометра (временной нестабильности), времени установления рабочего режима и времени непрерывной работы проводить в следующей последовательности:

- провести регистрацию и осуществить энергетическую градуировку спектров источников  $^{54}\text{Mn}$  и  $^{241}\text{Am}$  при числе отсчетов в максимумах пиков, соответствующих энергиям 5,41 кэВ и 13,94 кэВ, не менее 1000 (при нагрузках, не превышающих 1000 имп/с);
- определить положения центроид ( $n_1$  и  $n_2$ ) пиков, соответствующих энергиям 5,41 кэВ и 13,94 кэВ;
- выключить спектрометр, и после выдержки 2 часа вновь включить его.

Примечание: Разрешается не выключать спектрометр, если время выполнения подготовительных операций не превышает величину, равную времени установления рабочего режима спектрометра.

- спустя время, равное времени установления рабочего режима спектрометра после включения спектрометра, произвести регистрацию спектров  $^{54}\text{Mn}$  и  $^{241}\text{Am}$ , так чтобы число импульсов в максимумах пиков, отвечающих линиям 5,41 кэВ и 13,94 кэВ было не менее 1000, а нагрузка не превышала 1000 имп/с;
- определить положения центроид пиков ( $n_l$ ,  $n_h$ ), соответствующих энергиям 5,41 и 13,94 кэВ;
- провести еще 4 измерения в течение времени непрерывной работы с равными интервалами (но не реже чем через 2 часа.).

Результаты измерений занести в таблицу 3.

Таблица 3

Номер Измерения	Время	Положение пика в каналах	
		для 5,41 кэВ $n_{li}$	для 13,94 кэВ $n_{hi}$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

- вычислить средние значения положений центроид пиков полного поглощения соответствующих энергиям 5,41 и 13,94 кэВ по формуле:

$$n_{cp} = \frac{\sum n_i}{m}$$

где m - число измерений.

Вычислить средние квадратичные отклонения для обеих центроид по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (n_i - n_{cp})^2}{(m-1)}}$$

Из полученных значений  $\sigma$  для обеих центроид выбрать максимальное  $\sigma_{\max}$  и рассчитать временную нестабильность ( $D_t$ ) в процентах по формуле:

$$D_t = \frac{\sigma_{\max} * K}{E_{13,94 \text{ кэВ}}}$$

где: K - энергетическая ширина канала, кэВ;  $E_{13,94 \text{ кэВ}}$  - энергия, соответствующая линии 13,94 кэВ.

- спектрометр считается выдержавшим проверку, если нестабильность характеристики преобразования за время непрерывной работы не превышает значений, указанных в ТУ.

#### **5.5.4 Определение максимальной загрузки.**

Определение относительного смещения энергетического положения спектральных линий и относительного увеличения ширины спектральных линий при изменении входной статистической загрузки от  $10^3$  до  $10^4 \text{ с}^{-1}$  (п.5 ГОСТ 26874-86).

Сущность метода заключается в обработке спектрометрической информации, получаемой при регистрации одной моноэнергетической линии ионизирующего излучения, по крайней мере, при 2-х значениях входной статистической загрузки. В результате измерений определяется изменение энергетического разрешения пика полного поглощения энергии и относительное смещение положения центроиды этого пика.

Подготовить спектрометр к работе. Измерения начать через время, равное или превышающее время установления рабочего режима спектрометра.

Установить напротив входного окна БД источник  $^{54}\text{Mn}$ .

Органами управления спектрометра пик моноэнергетической линии разместить в каналах, лежащих в пределах от 75 до 80% максимального числа каналов спектрометра.



Выполнить энергетическую градуировку спектра (определение энергетической ширины канала К) и определить энергетическое разрешение  $\Delta N$  спектрометра при загрузке  $10^3$  имп/с для энергии 5,41 кэВ.

Определить энергетическое разрешение спектрометра  $\Delta N'$  по линии 5,41 кэВ при загрузке  $1 \cdot 10^4$  имп/с.

Рассчитать ухудшение энергетического разрешения в процентах по формуле:

$$\Delta\delta = \frac{|\Delta N - \Delta N'|}{\Delta N} * 100$$

Определение относительного смещения энергетического положения спектральных линий, при изменении входной статистической загрузки от  $10^3$  до  $10^4$  с<sup>-1</sup>.

Определить максимум пиков полного поглощения. Рассчитать смещение пика процентах при увеличении частотной загрузки от  $10^3$  имп/сек до максимальной.

Спектрометр считается выдержавшим проверку, если ухудшение энергетического разрешения и смещение пика соответствует нормам, указанным технической документацией.

## **6. Оформление результатов поверки.**

Результаты первичной и периодической проверок оформляются выдачей свидетельства установленной формы, которое заполняется в соответствии с приложением 1.

Спектрометры, не удовлетворяющие требованиям настоящей методики поверки, к выпуску и применению не допускаются. На них выдаются извещения о непригодности к использованию установленной формы, которое заполняется в соответствии с приложением 2.

\_\_\_\_\_  
(наименование органа Государственной метрологической службы, юридического лица)

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ N \_\_\_\_\_

Действительно до

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ г.

Средство измерений \_\_\_\_\_  
наименование, тип

Серия и номер клейма предыдущей поверки (если такие серия и номер имеются).

\_\_\_\_\_

заводской номер. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

принадлежащее \_\_\_\_\_  
наименование юридического (физического) лица, ИНН

поверено и на основании результатов первичной (периодической) поверки признано пригодным к применению.

Поверительное клеймо

\_\_\_\_\_  
должность руководителя подразделения

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(инициалы, фамилия)

Поверитель \_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(инициалы, фамилия)

\_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Примечание. Обратная сторона свидетельства о поверке заполняется в соответствии с нормативными документами по поверке средств измерений.

\_\_\_\_\_  
(наименование органа Государственной метрологической службы, юридического лица)

## ИЗВЕЩЕНИЕ

о непригодности к применению N \_\_\_\_\_

Средство измерений

\_\_\_\_\_  
наименование, тип \_\_\_\_\_

Серия и номер клейма предыдущей поверки (если такие серия и номер имеются).

\_\_\_\_\_  
заводской номер \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
принадлежащее \_\_\_\_\_

наименование юридического (физического) лица

\_\_\_\_\_  
поверено и на основании результатов поверки признано непригодным к применению в  
сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора

Причина непригодности \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

должность руководителя подразделения

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(инициалы, фамилия)

Поверитель \_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(инициалы, фамилия)

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г