

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель

генерального директора –

заместитель по научной работе

ФГУП «ВНИИФТРИ»

А. Н. Шицунов

« 31 / 05 » 2018 г.



**Спектрометры энергий рентгеновского излучения
СЕР-01**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

ААЕС.412131.001 МП

2018 г.

Введение

Настоящая методика поверки распространяется на спектрометры энергий рентгеновского излучения СЕР-01 (далее – спектрометры), изготавливаемые ООО «Элвакс» г. Киев, Украина, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

Поверку спектрометров проводят юридические лица или индивидуальные предприниматели, аккредитованные в установленном порядке.

Первичная поверка производится при выпуске вновь произведенных спектрометров и после их ремонта. Периодическая поверка производится при эксплуатации спектрометров

Интервал между поверками - один год.

1 Операции поверки

1.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень операций при проведении поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операций при	
		первичной поверке	периодической поверки
1. Внешний осмотр	7.1	Да	Да
2. Опробование	7.2	Да	Да
Определение диапазона регистрируемых энергий рентгеновского излучения и относительной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности)	7.3	Да	Да
4. Определение энергетического разрешения	7.4	Да	Да
5. Определение максимальной загрузки	7.5	Да	Да
6. Идентификация программного обеспечения	7.6	Да	Да

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки применяются основные и вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень основных и вспомогательных средств поверки

Номера пункта методики поверки	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки; номер документа, регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
7.3 – 7.5	Источники радионуклидные фотонного излучения метрологического назначения закрытые ИМН-Г-1 (^{55}Fe , ^{57}Co , ^{109}Cd , ^{241}Am). № в ФИФ 44591-10. Активность от 10^2 до 10^6 Бк, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения активности: $\pm 4\%$

Примечание:

1 Допускается применение других средств поверки, не приведенных в таблице 2, но обеспечивающих определение метрологических характеристик с требуемой точностью.

2 Используемые эталонные средства измерений должны иметь действующие поверительные клейма или свидетельства о поверке.

3 Требования к квалификации поверителей

3.1 К проведению поверки допускаются лица, аттестованные в установленном порядке в качестве поверителей с правом поверки средств измерений ионизирующих излучений.

3.2 Поверитель должен быть ознакомлен с эксплуатационной документацией на средства поверки и поверяемый спектрометр.

4 Требования к технике безопасности

4.1 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.
- СанПиН 2.6.1.3287-15 «Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при обращении с источниками, генерирующими рентгеновское излучение при ускоряющем напряжении до 150 кВ».

5 Условия поверки

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 15 до 25 °С;
- атмосферное давление от 86 до 106,7 кПа (от 645 до 800 мм рт.ст.);
- относительная влажность окружающего воздуха не более 80 % при 25 °С и более низких температурах без конденсации влаги;
- отсутствие дополнительных источников ионизирующего излучения.

6 Подготовка к поверке

6.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

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

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

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 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.

7.1.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если поверяемый спектрометр соответствует требованиям, приведенным в 7.1.1, в противном случае спектрометр бракуется и направляется в ремонт с отметкой в соответствующем разделе руководства по эксплуатации ААЕС 412131.001РЭ.

7.2 Опробование

7.2.1 Опробование спектрометра проводят после истечения времени установления рабочего режима, то есть через 30 минут. При опробовании использовать программное обеспечение, установленное на спектрометр.

7.2.3 Результаты опробования считать положительными, если обеспечиваются:

- правильность функционирования аналитических функций спектрометра: "Набор", "Очистка", "Стоп", задание и отработка времени экспозиции и др.
- правильность функционирования программы обработки спектров.

7.2.4 В противном случае спектрометр бракуется и направляется в ремонт с отметкой в соответствующем разделе ААЕС 412131.001РЭ.

7.3 Определение диапазона регистрируемых энергий рентгеновского излучения и относительной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности)

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

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

Измерение интегральной нелинейности (ИНЛ) спектрометра одновременно является проверкой диапазона регистрируемых энергий.

Последовательность действий должна соответствовать приведенным ниже пунктам:

7.3.2 Выполнить измерения спектров источников рентгеновского излучения ^{109}Cd (2,98; 22,1; 24,9 кэВ), $^{44}\text{Ti}+^{44}\text{Sc}$ (4,09 кэВ), ^{55}Fe (5,89; 6,49 кэВ), ^{57}Co (7,058; 14,41 кэВ) и ^{241}Am (13,93; 17,7; 26,34 кэВ).

7.3.3 С помощью ПО программного обеспечения определить положения центроид n_i измеренных линий спектров, считая характеристику преобразования спектрометра прямой линией:

$$E_{0i} = A + Bn_i, \quad (1)$$

7.3.4 Коэффициенты А и В найти методом наименьших квадратов с помощью программы Excel, используя экспериментальные значения номеров каналов ППП n_i и соответствующие им справочные данные энергий гамма-квантов E_i ,

7.3.5 Для каждого выбранного пика, соответствующего энергии E_i , рассчитать отклонение от прямой линии ΔE_i (в кэВ), по формуле (2):

$$\Delta E_i = E_{0i} - E_i, \quad (2)$$

7.3.6 Выбрать максимальное по модулю значение из полученных разностей ΔE_i^{\max} и рассчитать ИНЛ по формуле (3):

$$\text{ИНЛ} = \frac{\Delta E_i^{\max}}{E_i^{\max}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где E_i^{\max} – значение энергии, соответствующей ППП с наибольшей энергией из числа обрабатываемых пиков, кэВ.

7.3.7 Результаты поверки считать положительными, если полученные значения ИНЛ в рабочем диапазоне энергий находятся в пределах $\pm 0,1\%$. В противном случае спектрометр бракуется и направляется в ремонт с отметкой в соответствующем разделе ААЕС 412131.001РЭ.

7.4 Определение энергетического разрешения

7.4.1 Сущность метода по данному пункту методики заключается в обработке спектрометрической информации, получаемой при регистрации одной моноэнергетической линии ионизирующего излучения, и определении ширины пика полного поглощения, соответствующего этой моноэнергетической линии, на его полувысоте (ШПВ).

Измерение энергетического разрешения спектрометра произвести в следующей ниже последовательности:

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

7.4.3 Установить в измерительную камеру источник фотонного излучения на основе ^{55}Fe .

7.4.4 Провести набор спектра. Площадь ППП, соответствующая энергии 5,89 кэВ, по завершении набора должна быть не менее 10000 отсчётов.

7.4.5 С помощью ПО рассчитать энергетическое разрешение η спектрометра.

Примечание:

1 Энергетическая градуировка спектрометра (определение энергетической ширины канала) определяется по формуле (4):

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

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

2 Энергетическое разрешение спектрометра на полувысоте ППП, соответствующей энергии определяется по формуле (5):

$$\eta = D_{1/2} * K \quad (5)$$

где $D_{1/2}$ – ШПВ в каналах.

7.4.6 Результаты поверки считать положительными, если значение энергетического разрешения, полученное по линии 5,89 кэВ (^{55}Fe), не превышает 180 эВ.

7.5 Определение максимальной загрузки

7.5.1 Сущность метода по данному пункту методики 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 ППП энергии и относительное смещение положения центроиды этого пика.

Определение максимальной загрузки спектрометра произвести в следующей последовательности:

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

7.5.3 Установить напротив входного окна блока детектирования (БД) источник ^{55}Fe так, чтобы скорость счета в ППП, соответствующем энергии 5,89 кэВ, была в пределах 10^3 имп/с. Число отсчетов в максимуме выбранного пика должно быть не менее 10000, в противном случае следует увеличить время измерения и повторить регистрацию спектра.

7.5.4 Рассчитать положение центра ППП, соответствующего энергии 5,89 кэВ (N_1) и его ШПВ (ΔN_1).

7.5.5 Разместить источник ^{55}Fe напротив входного окна БД таким образом, чтобы загрузка спектрометрического тракта была в пределах $2 \cdot 10^4$ имп/с.

7.5.6 В полученном спектре рассчитать положение центра ППП, соответствующего энергии 5,89 кэВ (N_2) и его ШПВ (ΔN_2).

7.5.7 Вычислить относительное смещение энергетического положения спектральной линии в процентах по формуле (6):

$$C = \frac{N_1 - N_2}{N_1} \cdot 100\%. \quad (6)$$

7.5.8 Рассчитать ухудшение энергетического разрешения в процентах по формуле (7):

$$Y = \frac{\Delta N_1 - \Delta N_2}{\Delta N_1} \cdot 100\%. \quad (7)$$

7.5.9 Результаты поверки считать положительными, если при загрузке $2 \cdot 10^4$ имп/с относительное смещение центра ППП, соответствующего энергии 5,89 кэВ, не превышает 2 %, а ухудшение его энергетического разрешения не превышает 50%.

7.6 Идентификация программного обеспечения

7.6.1 Идентификацию программного обеспечения проводить путем нажатия в рабочем окне спектрометра кнопки «Помощь», далее кнопки «О программе».

7.6.2 Осуществить проверку соответствия следующих заявленных идентификационных данных ПО:

- номер версии (идентификационный номер) ПО
- идентификационное наименование ПО

Результаты проверки считать положительными, если идентификационные данные ПО соответствуют данным, приведенным в таблице 3.

Таблица 3 - Идентификационные данные ПО СЕР-01

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Elvatech MCA Software
Номер версии (идентификационный номер) ПО	ElvaX 4.5.0

8 Оформление результатов поверки

8.1 Положительные результаты поверки оформляют выдачей свидетельства о поверке по форме, установленной в приказе Министерства промышленности и торговли РФ от 2 июля 2015 г № 1815.

8.2 Отрицательные результаты поверки оформляют выдачей извещения о непригодности, в установленной в приказе Министерства промышленности и торговли РФ от 2 июля 2015 г № 1815 форме, с указанием причин непригодности.

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

Врио начальника НИО-4
ФГУП «ВНИИФТРИ»




О.И. Коваленко

Старший научный сотрудник
НИО-4 ФГУП «ВНИИФТРИ»

М.А. Зотова