

УТВЕРЖДАЮ

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

_____ А.И. Ципунов
« 17 » _____ г.



ГАММА-СПЕКТРОМЕТР СКГ-01 «ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ СИЧ»

Методика поверки
ВШКФ.415421.002 МП

2017 г.

Настоящая методика распространяется на гамма-спектрометры СКГ-01 «Измерительный СИЧ» (далее – ИСИЧ), изготавливаемые ООО НПП «РАДИКО», и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок в производственных условиях без демонтажа.

Первичная поверка производится при выпуске вновь произведенных ИСИЧ и после их ремонта.

Периодическая поверка производится при эксплуатации ИСИЧ.

Интервал между поверками - один год.

1 Операции поверки

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

Таблица 1

Наименование операций	Номер пункта методики	Операции, выполняемые при поверке	
		первичной	периодической
1 Внешний осмотр	п. 6.1	+	+
2 Опробование	п. 6.2	+	+
3 Определение интегральной нелинейности	п. 6.3	+	+
4 Определение энергетического разрешения спектрометра	п. 6.4	+	+
5 Определение относительной погрешности измерения активности источника ^{60}Co в геометрии "Фантом лёгкого"	п. 6.5	+	+
6 Идентификация программного обеспечения	п. 7	+	+

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки применяются средства измерений и вспомогательные устройства, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
4.2	Термометр лабораторный по ГОСТ 28498-90. Цена деления 0,1 °С, диапазон измерений от минус 50 °С до плюс 125 °С
4.2	Барометр кварцевый МД-20. Диапазон измерений абсолютного давления от 60 до 120 кПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ±0,2 кПа
4.2	Психрометр по ГОСТ 112-78. Диапазон измерений относительной влажности от 20 до 90 %, пределы допускаемой относительной погрешности измерений ±5 %
4.2	Дозиметр-радиометр ДКС-96 с БДКС-96. Мощность амбиентного эквивалента дозы в диапазоне от 0,1 мкЗв/ч до 1 Зв/ч. Пределы допускаемой относительной погрешности ± (15 + 6/Н) %, где Н – безразмерная величина, численно равная измеренному значению МАЭД в мкЗв/ч
6.2 – 6.5	Источники радионуклидные фотонного излучения метрологического назначения закрытые ИМН-Г. Активность от 10 ³ до 10 ⁶ Бк, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения активности ±4 %
6.2 – 6.5	Штатный держатель

2.2 Все средства измерений должны иметь действующие свидетельства о поверке.

2.3 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых ИСИЧ, с требуемой точностью.

3 Требования по безопасности и квалификации поверителей

3.1 При проведении поверки должны выполняться требования:

- «Норм радиационной безопасности (НРБ-99/2009)»;
- «Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)»;
- «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ)» и «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей (ПТБ-84)»;
- действующих на предприятии инструкций по радиационной безопасности.

3.2 Поверку могут проводить лица, имеющие квалификацию поверителя, ознакомленные с руководством по эксплуатации «Гамма-спектрометр СКГ-01 «Измерительный СИЧ» ВШКФ.415421.002 РЭ и допущенные к работам с источниками ионизирующих излучений.

4 Условия поверки

4.1 Поверка ИСИЧ проводится в рабочих условиях эксплуатации без демонтажа.

4.2 При проведении поверки должны выполняться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 10 до 35°C;
- относительная влажность окружающего воздуха при температуре 30 °C не более 95 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа;
- напряжение питающей сети переменного тока 220^{+22}_{-33} В;
- уровень внешнего гамма-фона не более 0,25 мкЗв/ч.

5 Подготовка к поверке

5.1 Перед проведением поверки ИСИЧ подготавливают к работе в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации.

5.2 Проводят измерения температуры, относительной влажности, давления окружающего воздуха и уровня внешнего гамма-фона в месте расположения ИСИЧ. Результаты измерений заносят в рабочий журнал.

6 Проведение поверки

6.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра необходимо установить:

- отсутствие механических повреждений и других видимых дефектов устройств и кабельных линий связи, входящих в состав ИСИЧ, которые могут повлиять на его работоспособность;
- наличие маркировки и пломб на устройствах, входящих в состав ИСИЧ;
- наличие руководства по эксплуатации ИСИЧ;
- наличие свидетельства о предыдущей поверке ИСИЧ (для периодической поверки).

Результаты считаются положительными, если комплектность соответствует указанной в формуляре, нет механических повреждений корпуса и кабелей, места нанесения пломбы, заводского номера и маркировки соответствуют требованиям

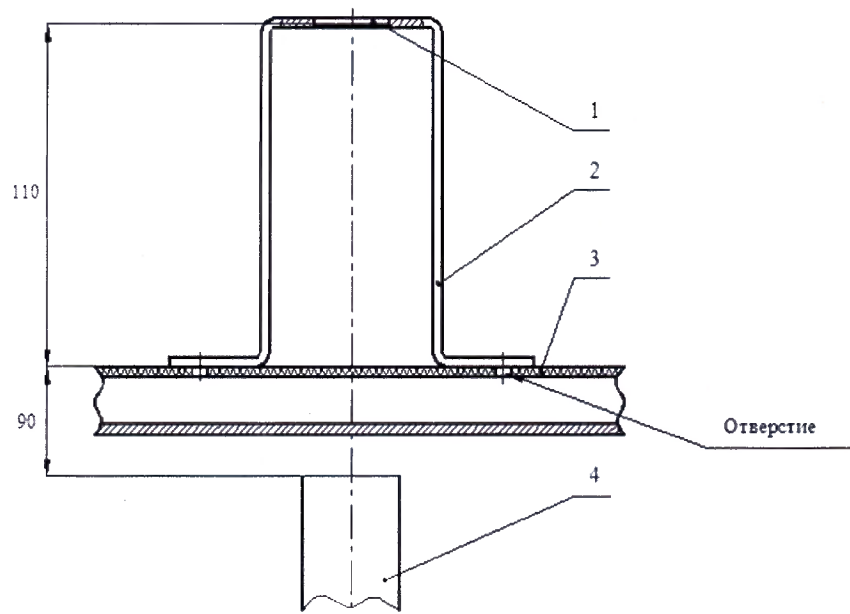
Руководства по эксплуатации.

6.2 Опробование

Включить охлаждение детектора. Минимальное время охлаждения – 8 ч. При опробовании проводится проверка работоспособности ИСИЧ в соответствии с руководством по эксплуатации.

Подключить к ИСИЧ персональный компьютер (далее по тексту – ПК) с установленным программным обеспечением «Измерительный СИЧ». Включить ИСИЧ.

Источник ^{60}Co установить в штатном держателе в соответствии с рисунком 1. Для измерения скорости счета от контрольного источника ^{60}Co провести набор спектра в течение 15 мин. Обработать результаты измерений в режиме «Контроль». При этом на экран выводится положение пика полного поглощения (ППП) 1332 кэВ (номер канала центра тяжести пика), значение скорости счета в ППП и допустимые интервалы значений этих параметров.



- 1 – источник ИМН-Г; 2 – штатный держатель источников;
3 – верхняя крышка кожуха ложа; 4 – детектор

Рисунок 1 – Схема установки штатного держателя с источником

При первичной поверке значение скорости счета в ППП 1332 кэВ (^{60}Co) фиксируется с указанием даты измерения. При последующих поверках скорость счета в ППП контролируется с учетом коррекции на распад и сравнивается со скоростью счета, зафиксированной при первичной поверке.

Результаты опробования считать положительными, если полученное в ходе периодической поверки отклонение значения скорости счета не превышает зафиксированное при первичной поверке значение более чем на $\pm 10\%$.

6.3 Определение интегральной нелинейности спектрометра

Определение интегральной нелинейности проводить с гамма-источников, гамма-линии которых перекрывают весь рабочий диапазон энергий 59,5 кэВ (^{241}Am), 121,78 кэВ (^{152}Eu), 356 кэВ (^{133}Ba), 662 кэВ (^{137}Cs), 1332 кэВ (^{60}Co), 2614 кэВ (^{228}Th) в следующем порядке:

- установить гамма-источники ^{241}Am и ^{228}Th в штатном держателе в соответствии с рисунком 1 (входная статистическая загрузка должна быть не более 2000 имп/с);
- провести в течение 10 мин набор спектра;
- определить номера каналов N_1 и N_2 , соответствующие максимумам пиков $E_1=59,5$ кэВ (^{241}Am) и $E_2=2614$ кэВ (^{228}Th);
- выполнить линейную градуировку, рассчитать градуировочные коэффициенты a и b линейной характеристики по энергии:

$$\begin{aligned} E &= a + b \cdot N, \\ b &= (N_2 - N_1) / (E_2 - E_1), \\ a &= E_1 - b \cdot N_1; \end{aligned} \quad (1)$$

- последовательно установить все источники в штатный держатель в соответствии с рисунком 1;
- включить набор спектра, для каждого пика E_i источника определяют N_i номер канала, на котором находится максимум этого пика;
- для каждого i -го пика рассчитать отклонение от прямой линии, описывающей характеристику преобразования (ΔE_i), в кэВ, по формуле (2):

$$\Delta E_i = E_i - E_n, \quad (2)$$

где E_n – вычисленная энергия, соответствующая каналу N_i - максимуму i -го пика;

- из полученных значений ΔE_i выбрать максимальное ΔE_i^{\max} ;
- рассчитать интегральную нелинейность в процентах по формуле (3):

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

где: $E_{\max} = 2614$ кэВ – верхнее значение энергии из измеряемого диапазона энергий, кэВ;

$E_{\min} = 59,5$ кэВ – нижнее значение энергии из измеряемого диапазона энергий, кэВ.

Результаты поверки считать положительными, если значение интегральной нелинейности находится в пределах $\pm 0,02$ %.

6.4 Определение энергетического разрешения

Определение энергетического разрешения ИСИЧ для энергии 1332 кэВ (^{60}Co) проводить в следующей последовательности:

- источник ^{60}Co установить в штатном держателе в соответствии с рисунком 1;
- включить ИСИЧ и произвести набор спектра;
- для ППП энергии 1332 кэВ определить δE ширину пика на полувысоте, в кэВ;

Результаты поверки считать положительными, если значение энергетического разрешения не превышает 2,0 кэВ.

6.5 Определение относительной погрешности измерения активности источника ^{60}Co в геометрии "Фантом лёгкого"

Установить источник на основе ^{60}Co в штатный держатель в соответствии с рисунком 1. Включить набор аппаратурного спектра. Провести измерения активности источника A_i , количество измерений не менее пяти. Фоновая составляющая учитывается автоматически программным обеспечением. При выполнении измерения во вкладке «Измерения» необходимо, чтобы параметры пациента были: вес 70 кг, рост 170 см.

Вычислить среднее арифметическое значение активности $A_{\text{изм}}$ по формуле (4) и относительное среднее квадратическое отклонение (СКО) результатов измерений $S(A_{\text{изм}})$ по формуле (5):

$$A_{\text{изм}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} A_i}{n} \cdot k, \quad (4)$$

где A_i – показания измеренной активности источника, Бк;

$A_{\text{фон}}$ – среднее арифметическое значение фоновых измерений, Бк;

n – количество наблюдений;

$k = 0,75$ – коэффициент перехода от эффективности регистрации в геометрии "Фантом лёгкого" к геометрии источника в штатном держателе.

$$S(A_{\text{изм}}) = \frac{1}{A_{\text{изм}}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (A_i - A_{\text{изм}})^2}{n-1}} \cdot 100 \%, \quad (5)$$

где $A_{\text{изм}}$ – среднее арифметическое значение показаний активности за вычетом фоновых значений, Бк;

A_i – показания измеренной активности источника, Бк;

n – количество наблюдений.

Относительную погрешность измерений активности рассчитать по формуле (6):

$$\sigma = \frac{A_{\text{изм}} - A_0}{A_0} \cdot 100\%, \quad (6)$$

где A_0 – значение активности эталонного источника (из свидетельства о поверке с учетом распада на дату проведения измерений), Бк;

$A_{изм}$ – среднее арифметическое значение активности за вычетом фоновых значений, Бк.

Рассчитать значения доверительных границ допускаемой относительной погрешности δ , %, с доверительной вероятностью 0,95 по формуле (7):

$$\delta = |\sigma| + 2 \cdot \sqrt{S(A_{изм})^2 + \frac{\delta_0^2}{3}}, \quad (7)$$

где δ_0 – относительная погрешность измерения эталонного источника, согласно паспорту, %;

σ – значение относительной погрешности измерений, рассчитанное по формуле (6), %;

$S(A_{изм})$ – относительное СКО результатов измерений, рассчитанное по формуле (5), %.

Результаты поверки считать положительными, если значение δ в диапазоне активностей в геометрии "Фантом лёгкого" от 50 до 10^5 Бк. находится в пределах ± 20 %.

7. Идентификация программного обеспечения (ПО)

Подключить к ИСИЧ ПК с установленным ПО «Измерительный СИЧ».

ПО идентифицируется в режиме администратора. После запуска ПО «Измерительный СИЧ» необходимо перейти на закладку "Журнал" и выбрать событие "Запуск". На экране ПК отобразится номер версии и цифровой идентификатор метрологически значимой части ПО (см. рисунок 2). Производителем не предусмотрен иной способ идентификации ПО.

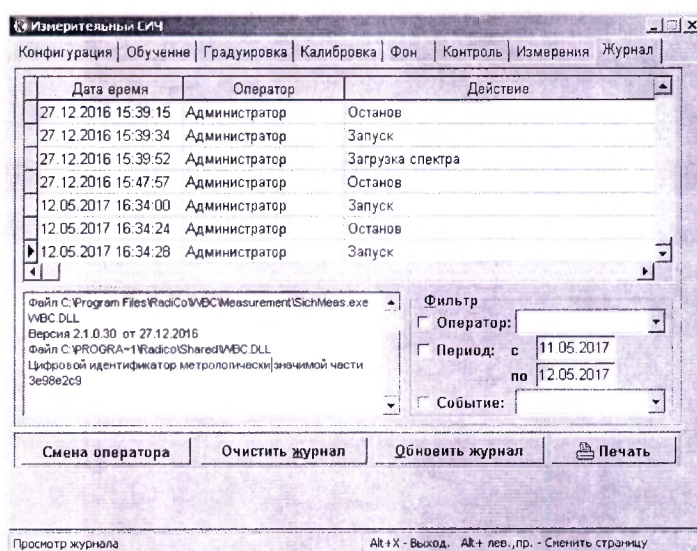


Рисунок 2 – Окно отображения идентификации ПО «Измерительный СИЧ»

Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные ПО соответствуют данным, приведенным в таблице 7.1. В противном случае ИСИЧ направляется в ремонт.

Таблица 7.1

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	«Измерительный СИЧ»
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.6.3.14 ¹⁾
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	3e98e2c9 ²⁾

¹⁾ Номер версии не ниже указанного
²⁾ Контрольная сумма относится к текущей версии ПО

8 Оформление результатов поверки

8.1 При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке установленной формы. На оборотной стороне свидетельства приводятся метрологические характеристики, определенные в п.п. 6.2 – 6.5.

8.2 Знак поверки размещается на свидетельство о поверки в виде наклейки или оттиска повелительного клейма

8.3 При отрицательных результатах поверки ИСИЧ признается непригодным к применению, свидетельство о поверке аннулируется и выписывается извещение о непригодности к применению.

Начальник НИО-4
ФГУП «ВНИИФТРИ»



О.И. Коваленко

Старший научный сотрудник
НИО-4 ФГУП «ВНИИФТРИ»



Т.П. Берлянд