

**Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»**

УТВЕРЖДАЮ

И. о. директора ФГУП «ВНИИМ
им. Д. И. Менделеева»

_____ А.Н. Пронин

_____ ноября 2020 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

**Устройства спектрометрические для обнаружения и идентификации
радиоактивных источников RADEAGLE и RADEAGLET**

Методика поверки

МП 2102-005-2020

Руководитель отдела измерений
ионизирующих излучений ФГУП
«ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

_____ С.Г. Трофимчук

« _____ » _____ 2020 г.

Руководитель сектора

_____ С.М. Аршанский

г. Санкт-Петербург
2020 г.

Содержание

Вводная часть.....	3
1 Операции поверки	3
2 Средства поверки.....	4
3 Требования к квалификации поверителей	4
4 Требования безопасности	4
5 Условия поверки.....	5
6 Подготовка к поверке.....	5
7 Проведение поверки.....	5
7.1 Внешний осмотр.....	5
7.2 Опробование.....	5
7.2.1 Проверка работоспособности.....	5
7.2.2 Подтверждение соответствия программного обеспечения.....	5
7.3 Определение метрологических характеристик.....	6
7.3.1 Проверка диапазона энергии регистрируемого гамма-излучения и определение основной погрешности характеристики преобразования, приведенной к верхней границе диапазона энергий.....	6
7.3.2 Определение относительного энергетического разрешения по линии гамма- излучения радионуклида ^{137}Cs с энергией 661,7 кэВ.....	7
7.3.3 Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения гамма- квантов с энергией 661,7 кэВ (радионуклида ^{137}Cs), испускаемых точечным источником типа ОСГИ, расположенным на поверхности входного окна детектора.....	7
8 Оформление результатов поверки	8
Приложение А.....	9
(рекомендуемое)	9

Вводная часть

Настоящая методика поверки (далее МП) распространяется на устройства спектрометрические для обнаружения и идентификации радиоактивных источников RADEAGLE и RADEAGLET (далее по тексту - спектрометры), предназначенные для измерений спектров энергетического распределения фотонного излучения и индикации мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения с целью обнаружения и идентификации радиоактивных источников.

Настоящая МП устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки.

Первичной поверке подлежат спектрометры до ввода в эксплуатацию и выпускаемые в обращение после ремонта.

Периодической поверке подлежат спектрометры, находящиеся в эксплуатации.

Примечание. При пользовании настоящей МП целесообразно проверить действие ссылочных документов по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей методикой следует руководствоваться заменяющим (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

Примечание. Настоящей МП не предусмотрена возможность проведения поверки для меньшего числа измеряемых величин. Настоящей МП не предусмотрена возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных измерительных блоков из состава СИ и на меньшем числе диапазонов измерений.

1. Операции поверки

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

Таблица 1 – Операции при проведении поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7.1	да	да
2 Опробование	7.2	да	да
2.1 Проверка работоспособности	7.2.1	да	да
2.2 Подтверждение соответствия ПО	7.2.2	да	да
3 Определение метрологических характеристик:	7.3	да	да
3.1 Проверка диапазона энергии регистрируемого гамма-излучения и определение основной погрешности характеристики преобразования, приведенной к верхней границе диапазона энергий	7.3.1	да	да
3.2 Определение относительного энергетического разрешения по линии гамма-излучения радионуклида ^{137}Cs с энергией 661,7 кэВ	7.3.2	да	да
3.3 Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения гамма-квантов с энергией 661,7 кэВ (радионуклида ^{137}Cs), испускаемых точечным источником типа ОСГИ, расположенным на поверхности входного окна детектора	7.3.3	да	да
4 Оформление результатов поверки	8	да	да

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки должны применяться эталоны и вспомогательные средства поверки, указанные в таблице 2.

2.2 Все эталоны и средства измерений (СИ) должны быть исправны и иметь действующие свидетельства о поверке.

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

Таблица 2 – Средства измерений, применяемые при поверке

Номер пункта методики	Наименование средств поверки и вспомогательного оборудования	Технические характеристики
7.3.3	Рабочий эталон 2-го разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений активности, удельной активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2841 – источник радионуклидный закрытый фотонного излучения эталонный ОСГИ-РТ на основе радионуклида ^{137}Cs	Активность от 10 до 50 кБк, погрешность не более $\pm 6\%$.
7.3.1 7.3.2	Источники радионуклидные закрытые фотонного излучения эталонные ОСГИ-РТ (рег. № 74005-19) на основе радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{88}Y , ^{152}Eu и ^{228}Th	Активность от 1 до 100 кБк
7.3.1 7.3.2 7.3.3	Устройство позиционирования для размещения радионуклидных источников в определенных (фиксированных) положениях относительно входного окна детектора	Конструкция произвольная. Диапазон расстояний от входного окна детектора от 0 до 250 мм
5	Термометр	Диапазон измерений от 0 до +40 °С Цена деления 1 °С
5	Барометр-анероид	Диапазон измерений от 80 до 106 кПа Погрешность не более 3 %
5	Психрометр аспирационный	Диапазон измерений относительной влажности воздуха от 10 до 100 %, Абсолютная погрешность не более 5 %

3 Требования к квалификации поверителей

К проведению измерений и обработке результатов измерений допускаются лица, имеющие профессиональные знания в области спектрометрии ионизирующих излучений, изучившие руководство по эксплуатации и аттестованные в качестве поверителей в установленном порядке.

4 Требования безопасности

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99/2010 СП 2.6.1.2612-10, Норм радиационной безопасности НРБ-99/2009 СанПиН 2.6.1.2523-09, Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, действующих инструкций по мерам безопасности в поверочной лаборатории, а также требования безопасности,

изложенные в соответствующих разделах технической документации на средства поверки и правила техники безопасности, действующие на данном предприятии.

4.2 К работе должны привлекаться только сотрудники, имеющие допуск к работе с источниками ионизирующих излучений.

5 Условия поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от 15 до 25
- атмосферное давление, кПа от 86 до 106
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 70

6 Подготовка к поверке

6.1 Перед проведением поверки необходимо ознакомиться с эксплуатационной документацией (далее – ЭД) на спектрометр.

6.2 Спектрометр и средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с ЭД на них.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

- соответствие комплектности поверяемого спектрометра требованиям ЭД в объеме, необходимом для проведения поверки;
- наличие ЭД, описания типа и свидетельства о предыдущей поверке (при периодической поверке);
- отсутствие на спектрометре загрязнений, механических повреждений, влияющих на его работоспособность.

7.2 Опробование

7.2.1 Проверка работоспособности.

Выполнить в соответствии с руководством по эксплуатации включение спектрометра (см. раздел 2.3 РЭ). При включении спектрометр проводит первичную стабилизацию, после завершения которой переходит в режим индикации мощности дозы. По наличию показаний убедиться в работоспособности спектрометра.

7.2.2 Подтверждение соответствия программного обеспечения.

Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО) спектрометра включает проверку соответствия номеров версий встроенного ПО.

Идентификационные данные программного обеспечения должны соответствовать данным, приведенным в Описании типа (таблица 3).

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО, приведенные в описании типа.

Идентификационные данные (признаки)	Значения	
	RADEAGLE	RADEAGLET
Номер версии (идентификационный номер) встроенного ПО	3.2.11 ¹⁾	3.2.8 ¹⁾
Цифровой идентификатор ПО	недоступен	недоступен

¹⁾ Номер версии не ниже указанного в таблице

Номер версии встроенного ПО отображается в расширенном меню прибора (Advanced) в опции About (см. РЭ, раздел 5.28 «О приборе»). Отображения версий встроенного ПО для модификаций спектрометра RADEAGLE и RADEAGLET показаны на рисунке 1.

Определенный при первичной поверке номер версии встроенного ПО указывают на обратной стороне свидетельства.

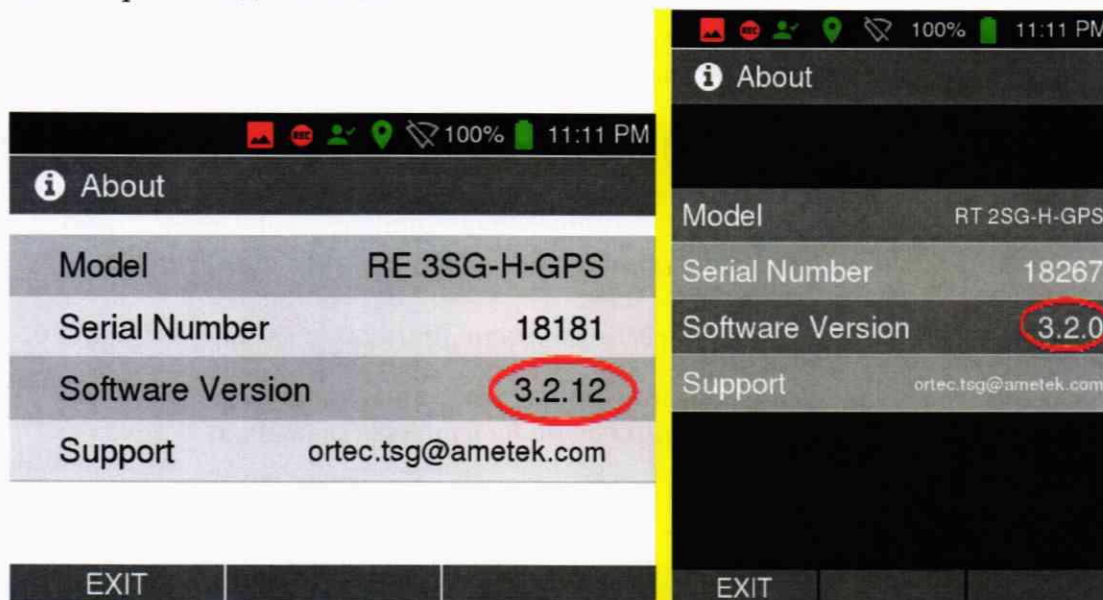


Рисунок 1 - Отображение версии встроенного программного обеспечения.

7.3 Определение метрологических характеристик

7.3.1 Проверка диапазона энергии регистрируемого гамма-излучения и определение основной погрешности характеристики преобразования, приведенной к верхней границе диапазона энергий.

7.3.1.1 Проверку проводить с использованием закрытых радионуклидных источников фотонного излучения типа ОСГИ с радионуклидами ^{152}Eu , ^{88}Y , ^{241}Am , ^{228}Th и ^{137}Cs . Для определения приведенной погрешности характеристики преобразования использовать энергетический линии 26,35(^{241}Am), 30,97(^{137}Cs), 59,6(^{241}Am), 121,8(^{152}Eu), 344,2(^{152}Eu), 661,7(^{137}Cs), 898,0(^{88}Y), 1408,0(^{152}Eu), 1836,0(^{88}Y) и 2614,5(^{228}Th).

7.3.1.2 Активность радионуклидных источников и время измерения выбираются такими, чтобы статистическая загрузка спектрометра была в пределах до 2000 имп/с, а число импульсов в каждом пике полного поглощения (ППП) не менее 10^4 . Источники излучения помещаются в (на) устройство позиционирования на оси детектора.

7.3.1.3 Выполнить энергетическую калибровку спектрометра в соответствии с Руководством по эксплуатации (см. п. 5.14 «Easy Calibration», п. 5.18 «Calibration» и приложение С2 «Calibration»).

7.3.1.4 Выполнить последовательно измерения спектров источников, указанных в п. 7.3.1.1 Спектры сохранить для последующей обработки.

7.3.1.5 Провести обработку спектров в соответствии с Руководством по эксплуатации (см. п. 5.1 «Spectrum» или п. 7.4 «Spectrum Browser»).

7.3.1.6 В каждом измеренном спектре определить положение пиков E_i , соответствующих i -тым энергиям гамма-квантов E_{0i} , указанным в п. 4.1.1, и определить отклонения по формуле:

$$\Delta E_i = E_i - E_{0i} \quad (1)$$

7.3.1.7 Определить основную погрешность характеристики преобразования (ПХП) по максимальному значению полученных отклонений ($\Delta E_{i\max}$) по формуле:

$$\text{ПХП} = (\Delta E_{i\max} / E_{\max}) \cdot 100\% \quad (2)$$

где E_{\max} – верхняя граница диапазона энергии регистрируемого гамма-излучения, кэВ

7.3.1.8 Результаты проверки по п. 7.3.1 считаются положительными, если в диапазоне энергий регистрируемого гамма-излучения от 0,025 до 3 МэВ полученное значение ПХП не превышает $\pm 1\%$.

7.3.2 Определение относительного энергетического разрешения по линии гамма-излучения радионуклида ^{137}Cs с энергией 661,7 кэВ

7.3.2.1 Определение относительного энергетического разрешения проводить в соответствии с ГОСТ 26874-86 пп.3.3.7, 3.3.8 с использованием закрытого радионуклидного источника фотонного излучения типа ОСГИ с радионуклидом ^{137}Cs .

7.3.2.2 Активность радионуклидного источника и время измерения выбираются такими, чтобы статистическая загрузка спектрометра была в пределах до 1000 имп/с, а число импульсов в ППП с энергией 661,7 кэВ не менее 10^4 . Источник излучения помещается в (на) устройство позиционирования на оси детектора.

7.3.2.3 Обработку спектров проводить в соответствии с Руководством по эксплуатации (см. п. 5.1 «Spectrum» или п. 7.4 «Spectrum Browser»).

7.3.2.4 Результаты проверки по п. 7.3.2 считаются положительными, если относительное энергетическое разрешение по линии гамма-излучения 661,7 кэВ радионуклида ^{137}Cs не превышает 7,2 %.

7.3.3 Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения гамма-квантов с энергией 661,7 кэВ (радионуклида ^{137}Cs), испускаемых точечным источником типа ОСГИ, расположенным на поверхности входного окна детектора

7.3.3.1 Определение эффективности регистрации проводить в соответствии с ГОСТ 26874-86 п. 4а с использованием закрытого радионуклидного источника фотонного излучения типа ОСГИ с радионуклидом ^{137}Cs .

7.3.3.2 Установить на поверхность входного окна (по центру) блока детектирования эталонный источник ОСГИ с радионуклидом ^{137}Cs . Активность источника должна быть такой, чтобы загрузка входа спектрометрического тракта не превышала 2000 имп./с.

7.3.3.3 Выполнить измерения спектров эталонного источника фотонного излучения ^{137}Cs . Время экспозиции выбрать таким образом, чтобы число отсчетов в максимуме ППП составляло не менее 10000. Провести 10 измерений.

7.3.3.4 В каждом спектре определить скорость счета в ППП с энергией 661,7 кэВ.

7.3.3.5 Определить эффективность регистрации гамма-квантов с энергией 661,7 кэВ в ППП по формуле:

$$\varepsilon = \frac{n}{A \cdot \eta}, \quad (3)$$

где: n – скорость счета в ППП, имп./с;

$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$ – активность источника на момент измерения, Бк;

A_0 – активность источника на момент аттестации, Бк;

λ – постоянная распада источника, сут $^{-1}$;

t – время с момента аттестации, сут;

η – вероятность эмиссии гамма-квантов на распад, отн.ед.

7.3.3.6 Вычислить среднее значение эффективности регистрации $\bar{\varepsilon}$ по выполненным измерениям:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\sum \varepsilon_i}{m}, \quad (4)$$

где ε_i – результат i -го наблюдения;

m – число наблюдений.

7.3.3.7 Погрешность определения $\bar{\varepsilon}$ вычислить следующим образом. Оценить относительную величину среднего квадратического $S_{\bar{\varepsilon}}$ отклонения по формуле:

$$S_{\bar{\varepsilon}} = \frac{1}{\bar{\varepsilon}} \cdot \sqrt{\frac{\sum (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})^2}{(m-1) \cdot m}} \cdot 100, \% \quad (5)$$

Границы абсолютной погрешности определения эффективности для 95% доверительного интервала при m наблюдениях:

$$\Delta = \frac{\bar{\varepsilon}}{100} \cdot \frac{(\delta_{A0} + t_m \cdot S_{\bar{\varepsilon}})}{\sqrt{\frac{1}{3} \delta_{A0}^2 + S_{\bar{\varepsilon}}^2}} \sqrt{S_{\bar{\varepsilon}}^2 + \frac{1}{3} \delta_{A0}^2}, \text{ имп./квант} \quad (6)$$

где δ_{A0} – относительная погрешность аттестации активности эталонного источника (из свидетельства на источник), %;

t_m – коэффициент Стьюдента для m наблюдений и $P=0,95$ (для 10 наблюдений $t_{10}=2,3$).

7.3.3.8 Результаты испытаний по п. 7.3.3 считаются удовлетворительными, если значение эффективности регистрации в пике полного $\bar{\varepsilon}$ поглощения с учетом погрешности определения не менее 0,060 для RADEAGLE и 0,035 для RADEAGLET.

8 Оформление результатов поверки

8.1 Результат поверки признают положительным, если операции по п.п. 7.1 – 7.3 выполнены с положительными результатами. Все результаты заносятся в протокол поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в Приложении А.

8.2 Положительные результаты поверки установки оформляются свидетельством о поверке по установленной форме.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

8.3 На оборотной стороне свидетельства о поверке указывают:

- метрологические характеристики прибора, определенные при поверке: диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения, приведенную к верхней границе диапазона энергий погрешность характеристики преобразования, относительное энергетическое разрешение по линии гамма-излучения радионуклида ^{137}Cs с энергией 661,7 кэВ и эффективность регистрации в пике полного поглощения гамма-квантов с энергией 661,7 кэВ (радионуклида ^{137}Cs), испускаемых точечным источником типа ОСГИ, расположенным на поверхности входного окна детектора;
- номер версии программного обеспечения.

8.4 Прибор, не прошедший поверку, к обращению не допускается. На прибор выдают извещение о непригодности по установленной форме. Свидетельство о предыдущей поверке на прибор, не прошедший периодическую поверку, аннулируют.

Приложение А
(рекомендуемое)
ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

№ _____ от _____ г. к свидетельству о поверке (извещению о непригодности)

№ _____ от _____ г.

Наименование средства измерения (эталона), тип	
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде	
Заводской номер	
Изготовитель	
Год выпуска	
Заказчик (наименование и юридический адрес)	
Серия и номер знака предыдущей поверки (если имеются)	
Дата предыдущей поверки	

Вид поверки:

Методика поверки:

Средства поверки:

Наименование и регистрационные номера эталона, СИ, СО в Федеральном информационном фонде	Метрологические характеристики	Примечание

Условия поверки:

Параметры	Требования НД	Измеренные значения
Температура окружающего воздуха, °С	от 15 до 25	
Атмосферное давление, кПа	от 86 до 106	
Относительная влажность воздуха, %	от 30 до 70	

Результаты поверки

1 Внешний вид:

Внешний вид, комплектность, маркировка *соответствует (не соответствует)* требованиям технической документации.

Внешние повреждения прибора *отсутствуют (присутствуют)*.

Вывод: результаты проверки: *положительные (отрицательные)*.

2 Опробование

Прибор *работоспособен (не работоспособен)*.

Сообщения об ошибках *отсутствуют (имеются; указать содержание)*.

Результаты опробования *положительные (отрицательные)*.

3 Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО)

Номер версии программного обеспечения _____.

Результаты подтверждения соответствия ПО *положительные (отрицательные)*.

4 Проверка диапазона энергии регистрируемого гамма-излучения и определение приведенной к верхней границе диапазона энергий погрешности характеристики преобразования.

ПХП, %	Требования НД	Измеренное значение
		Не более 1 %

Результаты проверки ПХП *положительные (отрицательные)*.

5 Определение относительного энергетического разрешения по линии гамма-излучения радионуклида ^{137}Cs с энергией 661,7 кэВ.

Относительное энергетическое разрешение по линии 661,7 кэВ радионуклида ^{137}Cs , %	Требования НД	Измеренное значение
		Не более 7,2 %

Результаты определения энергетического разрешения *положительные (отрицательные)*.

6 Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения гамма-квантов с энергией 661,7 кэВ (радионуклида ^{137}Cs), испускаемых точечным источником типа ОСГИ, расположенным на поверхности входного окна детектора.

Эффективность регистрации гамма-квантов с энергией 661,7 кэВ (^{137}Cs) в пике полного поглощения, %	Требования НД	Измеренное значение

Результаты определения эффективности регистрации *положительные (отрицательные)*.

Заключение: Устройство спектрометрическое для обнаружения и идентификации радиоактивных источников модификации _____ зав. № _____ соответствует (не соответствует) предъявляемым требованиям и признан годным (не годным) к применению.

На основании результатов поверки выдано:

Свидетельство о поверке № _____ от _____ г.

(Извещение о непригодности № _____ от _____ г.

Причина непригодности: _____)

Поверку произвел _____
ФИО подпись Дата