СОГЛАСОВАНО

Директор УП «АТОМТЕХ»

_____ В.А.Кожемякин

«04» 06 2020

УТВЕРЖДАЮ

Директор БелГИМ

_____ В.Л.Гуревич

«09» 06 2020

Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь

ГАММА-БЕТА-СПЕКТРОМЕТР МКС-АТ1315

Методика поверки

МРБ МП.516-2020

(Взамен МП.516-98)

РАЗРАБОТЧИК

Главный метролог – начальник отдела радиационной метрологии
УП «АТОМТЕХ»

_____ В.Д.Гузов

«04» 06 2020

КОПИЯ ВЕРНА

Директор
14.03.2022 В.А. Кожемякин

инв. № 15745

Содержание

1 Нормативные ссылки 3
2 Операции поверки 4
3 Средства поверки 5
4 Требования к квалификации поверителей 5
5 Требования безопасности 6
6 Условия поверки и подготовка к ней 6
7 Проведение поверки 6
7.1 Внешний осмотр 6
7.2 Опробование 7
7.3 Определение метрологических характеристик 8
8 Оформление результатов поверки 23
Приложение А (обязательное) Обязательные метрологические требования 24
Приложение Б (справочное) Комплект принадлежностей для поверки 26
Приложение В (рекомендуемое) Приспособления 27
Приложение Г (рекомендуемое) Форма протокола поверки 30
Библиография 34

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
Научно-исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3

Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на гамма-бета-спектрометр МКС-АТ1315 (далее – спектрометр), изготовленный по ТУ BY 100865348.008-2020, производства УП «АТОМТЕХ» и устанавливает методы и средства государственной поверки.

Настоящая МП разработана в соответствии с [1].

Государственная поверка спектрометров должна осуществляться юридическими лицами, входящими в состав государственной метрологической службы, или иными юридическими лицами, уполномоченными на осуществление государственной поверки.

Обязательные метрологические требования приведены в приложении А.

1 Нормативные ссылки

1.1 В настоящей МП использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее – ТНПА):

ТКП 181-2009 (02230) Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей;

СТБ 8067-2017 Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Спектрометры энергии гамма-излучений. Методика поверки;

ГОСТ 8.033-96 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников;

ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности;

ГОСТ 17209-89 Средства измерений объемной активности радионуклидов в жидкости. Общие технические требования и методы испытаний;

ГОСТ 23923-89 Средства измерений удельной активности радионуклида. Общие технические требования и методы испытаний;

ГОСТ 26874-86 Спектрометры энергий ионизирующих излучений. Методы измерения основных параметров;

ГОСТ IEC 61010-1-2014 Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования.

Примечание – При пользовании настоящей МП целесообразно проверить действие ссылочных документов на официальном сайте Национального фонда ТНПА в глобальной компьютерной сети Интернет.

Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящей МП следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
Научно-исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3

2 Операции поверки

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции при	
		первичной государственной поверке	последующей государственной поверке
1 Внешний осмотр	7.1	Да	Да
2 Опробование	7.2	Да	Да
3 Определение метрологических характеристик			
3.1 Определение основной относительной погрешности характеристики преобразования	7.3.1	Да	Да
3.2 Определение номинальной градуировочной характеристики преобразования	7.3.1	Да	Да
3.3 Определение относительного энергетического разрешения	7.3.1	Да	Да
3.4 Определение основной относительной погрешности и проверка диапазонов измерений объемной (удельной) активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr радиометрическим методом	7.3.2.1, 7.3.2.2	Да Нет	Да* Да*
3.5 Определение основной относительной погрешности при измерении объемной (удельной) активности радионуклидов в диапазоне энергий от 50 до 3000 кэВ спектрометрическим методом	7.3.3	Да	Нет
3.6 Определение эффективности регистрации	7.3.4.1, 7.3.4.2	Да Нет	Да* Да*
3.7 Определение минимальной измеряемой активности	7.3.5	Да	Да
4 Оформление результатов поверки	8	Да	Да
* При последующей государственной поверке допускается выполнять операции по 7.3.2.1, 7.3.4.1 или по 7.3.2.2, 7.3.4.2 соответственно.			

2.2 При получении отрицательного результата при проведении той или иной операции дальнейшая поверка должна быть прекращена.

2.3 При последующей (периодической) поверке спектрометра в Российской Федерации на основании письменного заявления владельца допускается проведение поверки для меньшего числа величин (поверка в сокращенном объеме) с обязательным указанием в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений сведений об объеме проведенной поверки в соответствии с [3].

3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки должны применяться эталоны и вспомогательные средства поверки, указанные в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Номер пункта МП	Наименование и тип эталонов и вспомогательных средств поверки, их метрологические и основные технические характеристики
7.1	–
7.2, 7.3.1 – 7.3.3	Контрольный источник (КИ) с радионуклидом ^{137}Cs типа ОСГИ, входящий в комплект поставки, с активностью $(9 \pm 1)\cdot 10^3$ Бк
7.3.1, 7.3.2, 7.3.4	Комплект эталонных источников гамма-излучения типа ОСГИ, энергия гамма-излучения от 59 до 2615 кэВ, активность от 50 до $1\cdot 10^5$ Бк, доверительные границы относительной погрешности (P=0,95) ±6 %
7.3.1, 7.3.2	Эталонные источники бета-излучения с радионуклидами ^{14}C, ^{90}Sr+^{90}Y типа ОРИБИ или типа 1СО (1С0), номинальная интенсивность внешнего бета-излучения от $1\cdot 10^2$ до $1\cdot 10^5$ с$^{-1}$, площадь активной части источников 1 см^2, доверительные границы относительной погрешности (P=0,95) ±6 %
7.3.2 – 7.3.5	Эталонные источники по ГОСТ 8.033 типа ОРР или ОМАСН с радионуклидами ^{139}Ce, ^{137}Cs, ^{88}Y, ^{90}Sr+^{90}Y при плотности 1,0 г/см^3, номинальная ОА (УА) от $1\cdot 10^3$ до $2{,}5\cdot 10^4$ Бк/л (Бк/кг), доверительные границы относительной погрешности (P=0,95) ±6 %
7.3.2, 7.3.4	Насадка №1 ТИАЯ.711621.001 (рисунок Б.1, приложение Б)
7.3.2	Насадка №2 ТИАЯ.711621.003 (рисунок Б.2, приложение Б)
7.3.2	Диск ТИАЯ.711311.005 (рассеиватель) (рисунок Б.3, приложение Б)
6.1	Термогигрометр ИВА-6Н-Д, диапазон измерений температуры от минус 20 °С до плюс 60 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности ±0,3 °С, диапазон измерений относительной влажности от 0 % до 98 %, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности ±2 %, диапазон измерений атмосферного давления от 700 до 1100 гПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности ±2,5 гПа
6.1	Дозиметр-радиометр МКС-АТ1125, диапазон измерений мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения от 0,05 до 10 мкЗв/ч, пределы допускаемой основной относительной погрешности ±15 %

Примечания

1 Все средства поверки должны быть поверены, иметь действующие свидетельства о государственной поверке или калибровке и (или) знаки государственной поверки.

2 Допускается применение других средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых спектрометров с требуемой точностью.

4 Требования к квалификации поверителей

4.1 К проведению измерений при поверке и (или) обработке результатов измерений допускаются государственные поверители, подтвердившие соответствие компетентности в выполнении работ в данной области измерений.

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
Научно-исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3

5 Требования безопасности

5.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования [4], [5], а также:

– правила технической эксплуатации электроустановок потребителей по ТКП 181;

– требования безопасности, установленные ГОСТ IEC 61010-1 (степень загрязнения 2) для оборудования класса защиты III по ГОСТ 12.2.007.0;

– требования инструкций по технике безопасности и по радиационной безопасности, действующие в организации;

– требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации на применяемые средства поверки.

5.2 Требования безопасности к персональному компьютеру (ПК) устанавливаются производителем ПК.

5.3 Процесс проведения поверки должен быть отнесен к работе во вредных условиях труда.

6 Условия поверки и подготовка к ней

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

– температура окружающего воздуха	от 15 °С до 25 °С;
– относительная влажность воздуха	от 30 % до 75 %;
– атмосферное давление	от 84,0 до 106,7 кПа;
– фон гамма-излучения	не более 0,20 мкЗв/ч.

6.2 При подготовке к поверке необходимо:

– ознакомиться с руководством по эксплуатации (далее – РЭ) и руководством оператора (программа «SPTR») (далее – РО);

– выдержать спектрометр в нормальных условиях в течение не менее 2 ч;

– подготовить спектрометр к работе согласно разделу 4 РЭ;

– подготовить к работе ПК, средства поверки в соответствии с их эксплуатационной документацией.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

– отсутствие на корпусе спектрометра следов коррозии, загрязнений, механических повреждений, влияющих на его работу;

– соответствие комплектности спектрометра требованиям раздела 1 РЭ;

– наличие и четкость маркировки;

– наличие, исправность и прочность соединительных кабелей;

– целостность пломб на корпусах блоках детектирования бета- и гамма-излучения;

– наличие свидетельства о предыдущей государственной поверке (при наличии и необходимости).

По результатам внешнего осмотра делают отметку в протоколе поверки (приложение Г).

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3

7.2 Опробование

7.2.1 При опробовании необходимо выполнить:

- проверку работоспособности спектрометра и сохранности градуировки;
- подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО).

7.2.2 Проверку работоспособности спектрометра и сохранности градуировки проводят в соответствии с разделом 5 РЭ (5.3.1 (б), 5.3.2).

7.2.3 Подтверждение соответствия ПО спектрометра проводят путем проверки идентификационных данных внешнего ПО и проверкой обеспечения защиты встроенного ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений.

Подтверждением защиты встроенного ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений выполняется проверкой наличия пломб на корпусах блоков детектирования бета-, гамма-излучения, обеспечивающих защиту от несанкционированного доступа во избежание искажения результатов измерений. Встроенное ПО устанавливается на стадии производства. Доступа к цифровому идентификатору встроенного ПО нет.

Для проверки идентификационных данных внешнего ПО (файла SPTR.exe) вычисляют контрольную сумму по методу MD5 с помощью внешней программы стороннего разработчика (например, стандартными средствами Total Commander или Double Commander). Номер версии программы «SPTR» выводится на экран монитора при выборе функции «О программе» в режиме «Справка». Сравнивают полученные идентификационные данные с приведенными в разделе 18 РЭ.

Идентификационные данные внешнего ПО приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Наименование ПО	SPTR
Идентификационное наименование ПО	SPTR.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.4.1.3; 1.x.y.z*
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	7849c3d02f564197ad3034ca4e2e62b5**
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	MD5
*x, y, z – составные части номера версии ПО: x=[0…99], y=[0…999], z=[0…999]. ** Контрольная сумма относится к представленной версии ПО.	
Примечание – Идентификационные данные внешнего ПО заносят в раздел 13 РЭ и протокол поверки.	

Результаты опробования считают удовлетворительными, если по окончании контроля работоспособности появляется сообщение «Параметры в норме», целостность пломб на блоках детектирования бета- и гамма-излучения не нарушена, а идентификационные данные внешнего ПО соответствуют приведенным в разделе 18 РЭ. По результатам опробования делают отметку в протоколе поверки (приложение Г).

7.3 Определение метрологических характеристик

7.3.1 Определение основной относительной погрешности характеристики преобразования, номинальной градуировочной характеристики преобразования и относительного энергетического разрешения

7.3.1.1 Определение основной относительной погрешности характеристики преобразования, номинальной градуировочной характеристики преобразования и относительного энергетического разрешения гамма-канала проводят с использованием спектрометрических эталонных источников гамма-излучения типа ОСГИ, указанных в таблице 7.2.

Проводят контроль параметров спектрометра в соответствии с разделом 4 РО (4.3.2).

Для каждого источника, указанного в таблице 7.2, поочередно выполняют следующие операции:

а) устанавливают держатель в блок защиты (БЗ) в соответствии с рисунком В.1 (приложение В);

б) устанавливают на держатель источник гамма-излучения и закрывают БЗ;

Таблица 7.2

Наименование характеристики	Обозначение радионуклида								
	^{241}Am	^{57}Co	^{139}Ce	^{113}Sn	^{137}Cs	^{54}Mn	^{22}Na	^{88}Y	^{228}Th
Энергия гамма-излучения, кэВ	59,5	122,0	165,9	391,7	661,7	834,8	1274,6	1836	2614
Положение центра пика, канал	20 ± 2 (25 ± 2)				220 ± 2			602 ± 18	
Примечание – Значения, заключенные в скобки, применяются для спектрометров, изготовленных до мая 2015 г.									

в) выбирают в режиме «Измерение» основного меню функцию «Набор» и инициируют процесс набора спектра, задав параметры измерения:

- время набора – 1800 с;
- масса пробы – 0 г;
- геометрия измерения – точечная;

г) оценивают входную статистическую загрузку гамма-канала спектрометра по показаниям интегральной скорости счета импульсов, отображаемой в информационной строке. Она должна находиться в пределах от 250 до 5000 с$^{-1}$.

Примечание – Необходимую входную статистическую загрузку обеспечивают выбором активности используемого источника. Допускается в случае необходимости устанавливать источник непосредственно на торце корпуса БД;

д) в соответствии с разделом 4 РО (4.5.3) обрабатывают спектр и определяют площадь пика полного поглощения (ППП);

е) измерение останавливают при достижении числа импульсов в ППП не менее 10^4;

ж) проводят анализ ППП в соответствии с разделом 4 РО (4.5.3), фиксируют номер канала и значение энергии гамма-излучения E_γ, соответствующие центру ППП. Для радионуклида ^{137}Cs дополнительно определяют значение относительного энергетического разрешения $R^{пок}$, %, по формуле

Научно-исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3 «Всероссийский государственный институт метрологии»

$$R^{new} = \frac{dE}{E_0} \cdot 100, \qquad (7.1)$$

где dE – ширина ППП на полувысоте, кэВ;

E_0 – энергия ППП для гамма-линии 661,7 кэВ радионуклида ^{137}Cs, кэВ;

и) используя результаты, полученные по 7.3.1.1 (ж) для источников, указанных в таблице 7.2, определяют основную относительную погрешность характеристики преобразования в соответствии с разделом 4 РО (4.6.1) или по методике, изложенной в разделе 4 ГОСТ 26874.

Результаты поверки признают положительными, если:

– основная относительная погрешности характеристики преобразования не превышает ±1 %;

– относительное энергетическое разрешение по гамма-линии ^{137}Cs не превышает 9,5 %;

– положение центра ППП для гамма-линий ^{241}Am, ^{137}Cs, ^{88}Y соответствует нормам, приведенным в таблице 7.2.

Результаты измерений заносят в протокол поверки (таблица Г.3, приложение Г).

7.3.1.2 Определение номинальной градуировочной характеристики преобразования бета-канала проводят с использованием эталонных радионуклидных источников бета-излучения ^{14}C, ^{90}Sr+^{90}Y и контрольного источника с радионуклидом ^{137}Cs типа ОСГИ, входящего в комплект поставки спектрометра.

Проводят контроль параметров спектрометра в соответствии с разделом 4 РО, фиксируют положение максимума пика конверсионных электронов с энергией $E_к$=624 кэВ. Значение канала центра пика отображается после завершения процедуры проверки параметров в информационных окнах (слева от номинальных значений контролируемых параметров).

Для остальных источников поочередно выполняют следующие операции:

а) устанавливают держатель в БЗ в соответствии с рисунком В.1 (приложение В);

б) устанавливают на держатель источник, при этом его активная часть должна быть направлена вверх в сторону входного окна блока детектирования бета-излучения;

в) закрывают крышку БЗ спектрометра и проводят измерение спектра для бета-канала в соответствии с разделом 4 РО (4.4.1), при этом входная статистическая загрузка бета-канала должна находиться в пределах от 250 до 5000 с$^{-1}$.

Примечание – Необходимую входную статистическую загрузку обеспечивают выбором активности используемого источника;

г) останавливают измерение спектра по истечении 600 – 1000 с и оценивают в логарифмическом масштабе визуально с помощью маркера положение верхней границы бета-спектров от источников бета-излучения ^{14}C ($E_{гр}$ =156,5 кэВ) и ^{90}Sr+^{90}Y ($E_{гр}$ =2274 кэВ (^{90}Y)).

Результаты поверки признают положительными, если:

– положение центра пика конверсионных электронов радионуклида ^{137}Cs находится в интервале от 150 до 180 канала и соответствует значению, указанному в разделе «Особые отметки» РЭ;

– положение границы бета-спектра радионуклида ^{14}C находится в интервале от 30 до 45 канала;

– положение границы бета-спектра радионуклида ^{90}Sr+^{90}Y находится в интервале от 550 до 700 канала.

Результаты измерений заносят в протокол поверки (таблица Г.4, приложение Г).

7.3.2 Определение основной относительной погрешности и проверка диапазонов измерений объемной (удельной) активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr радиометрическим методом

7.3.2.1 Определение основной относительной погрешности и проверку диапазонов измерений объемной активности (ОА) (удельной активности (УА)) радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr радиометрическим методом проводят по ГОСТ 17209, ГОСТ 23923 методом прямого измерения ОА (УА) эталонных объемных источников типа ОРР или ОМАСН в одной точке диапазона измерений спектрометра в следующей последовательности:

а) проводят контроль параметров спектрометра, а также оперативный контроль фона в соответствии с разделом 4 РО (4.3.2, 4.3.3);

б) устанавливают поочередно измерительный сосуд с эталонным объемным источником ^{137}Cs, ^{90}Sr в БЗ и закрывают крышку БЗ, предварительно определив параметры измерения (геометрию, массу эталонного объемного источника) в соответствии с разделом 5 РЭ (5.6);

в) задают параметры измерения и инициируют измерение спектра от эталонного объемного источника в соответствии с разделом 4 РО (4.4.1);

г) в режиме «Обработка» выбирают функцию «Радиометрическая обработка» (раздел 4 РО (4.5.4)). При этом на экране монитора ПК отображаются текущие значения измеряемой ОА (УА) A радионуклида и соответствующие им текущие значения статистической погрешности (Р=0,95).

Если относительная статистическая погрешность более 5 %, закрывают текущее окно на экране монитора ПК и через некоторое время повторно обрабатывают спектр с использованием функции «Радиометрическая обработка»;

д) при статистической погрешности менее 5 % фиксируют измеренное значение ОА (УА) $A_{изм}$, индицируемое на экране монитора ПК;

е) рассчитывают в соответствии с ГОСТ 17209, ГОСТ 23923 относительную разность показаний δ, %, по формуле

$$\delta = \frac{A_{изм} - A_0}{A_0} \cdot 100, \qquad (7.2)$$

где A_0 – значение ОА (УА) эталонного объемного источника, Бк/л (Бк/кг), рассчитанное по формуле

$$A_0 = A \cdot \exp(-0,693 \cdot \frac{t}{T_{1/2}}), \qquad (7.3)$$

где A – ОА (УА) эталонного объемного источника ^{137}Cs и ^{90}Sr из свидетельства о поверке, Бк/л (Бк/кг);

t – время, прошедшее от даты поверки эталонного объемного источника до даты поверки спектрометра, сут;

$T_{1/2}$ – период полураспада радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr, равный соответственно 10976 и 10523 сут;

ж) выполняют аналогичные измерения ОА (УА) для каждой геометрии согласно 7.3.2.1 (в) - е)).

Результаты поверки признают положительными, если в соответствии с ГОСТ 17209, ГОСТ 23923 для каждого радионуклида ^{137}Cs и ^{90}Sr и всех геометрий измерения выполняется условие

$$|\delta| \le |\delta_c| + |\delta_0|, \qquad (7.4)$$

где δ_c – нормированный предел допускаемой основной относительной погрешности измерения ОА (УА) поверяемого спектрометра, %, δ_c =±20 %;

δ_0 – погрешность ОА (УА) эталонного объемного источника (из свидетельства о поверке), %.

Результаты измерений заносят в протокол поверки (таблица Г.5, приложение Г).

7.3.2.2 Определение основной относительной погрешности и проверку диапазонов измерений объемной (удельной) активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr радиометрическим методом допускается проводить с использованием эталонных источников гамма-излучения типа ОСГИ с активностью от 50 до 10^5 Бк и бета-излучения типа 1СО (1С0) активностью от 10^2 до 10^5 Бк

7.3.3.2.1 Определение основной относительной погрешности и проверку диапазонов измерений объемной (удельной) активности радионуклида ^{137}Cs проводят в соответствии с таблицей 7.3 в следующей последовательности:

Таблица 7.3

Геометрия измерения УА	Геометрия расположения ОСГИ	Общий коэффициент перехода K_0, (кг·с·Бк)/(имп·л)	Активность источника ОСГИ, Бк	Имитируемая УА, Бк/кг
Сосуд Маринелли 1,0 л	Геометрия 3	130	50	(5,00±1,00)
	Геометрия 4	9,6	50	(6,76±1,35)·10
	Геометрия 4	8,6	10^3	(1,51±0,30)·10^3
	Геометрия 4	8,8	10^4	(1,48±0,30)·10^4
	Геометрия 4	9,0	10^5	(1,44±0,29)·10^5
Плоский сосуд 0,5 л	Геометрия 4	11,4	10^5	(3,37±0,67)·10^5
Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л	Геометрия 4	12,2	10^5	(9,24±1,85)·10^5

а) проводят контроль параметров спектрометра, а также оперативный контроль фона в соответствии с разделом 4 РО (4.3.2, 4.3.3);

б) устанавливают в БЗ насадки №2 и № 1 в соответствии с рисунком В.3 (приложение В). Оставляют крышку БЗ открытой;

в) инициируют набор спектра в соответствии с разделом 4 РО (4.4.1), при этом задают следующие параметры измерения:

- время набора – 10800 с;
- масса пробы – 1000 г;
- геометрия измерения – «Сосуд Маринелли 1,0 л»;

г) по окончании измерения сохраняют измеренный спектр как фоновый в соответствии с разделом 4 РО (4.1.4);

д) помещают на насадки №2 и №1 источник гамма-излучения ^{137}Cs с активностью 50 Бк в соответствии с рисунком В.3 (приложение В). Оставляют крышку БЗ открытой;

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
Научно-исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3

е) проводят измерение удельной активности в следующей последовательности:

1) инициируют набор спектра в соответствии с разделом 4 РО (4.4.1), при этом задают следующие параметры измерения:

- время набора – 10800 с;
- масса пробы – 1000 г;
- геометрия измерения – «Сосуд Маринелли 1,0 л»;

2) по истечении времени измерения сохраняют измеренный спектр в соответствии с разделом 4 РО (4.1.2);

3) определяют значение удельной активности $A_{изм}$ (Бк/кг), имитируемой источником типа ОСГИ, радиометрическим методом в соответствии с разделом 4 РО (4.5.4);

ж) извлекают источник гамма-излучения ^{137}Cs с активностью 50 Бк и насадки №1, №2;

и) устанавливают в БЗ насадку №1 и рассеиватель в соответствии с рисунком В.5 (приложение В). Закрывают крышку БЗ;

к) инициируют набор спектра в соответствии с разделом 4 РО (4.4.1), при этом задают следующие параметры измерения:

- время набора – 10800 с;
- масса пробы – 1000 г;
- геометрия измерения – «Сосуд Маринелли 1,0 л»;

л) по окончании измерения сохраняют измеренный спектр как фоновый в соответствии с разделом 4 РО (4.1.4).

Примечание – Рассеиватель и насадка №2 не оказывают существенного влияния на фоновые характеристики спектрометра, поэтому рабочий фон, измеренный в геометриях 2, 3, 4 и 5 можно считать идентичным и использовать соответственно для имитируемых удельных активностей свыше 50 Бк/кг;

м) извлекают рассеиватель и насадку №1 из БЗ, устанавливают в БЗ насадку №2, источник гамма-излучения ^{137}Cs с активностью 50 Бк и насадку№1 в соответствии с рисунком В.4 (приложение В), закрывают БЗ;

н) проводят измерение удельной активности в следующей последовательности:

1) инициируют набор спектра в соответствии с разделом 4 РО (4.4.1), при этом задают следующие параметры измерения:

- время набора – 1000 с;
- масса пробы – 1000 г;
- геометрия измерения – «Сосуд Маринелли 1,0 л»;

2) по истечении времени измерения сохраняют измеренный спектр в соответствии с разделом 4 РО (4.1.2);

3) определяют значение удельной активности $A_{изм}$ (Бк/кг), имитируемой источником типа ОСГИ, радиометрическим методом в соответствии с разделом 4 РО (4.5.4);

п) аналогично проводят измерение имитируемой удельной активности $A_{изм}$ для точечных источников ^{137}Cs с активностью $10^3 – 10^5$ Бк, при этом время измерения определяется относительной статистической погрешностью, которая должна быть менее 5 % (но не менее 300 с);

р) проводят измерение удельной активности $A_{изм}$ согласно 7.3.3.2.1 (и), к)) последовательно для геометрий измерения «Плоский сосуд 0,5 л» и «Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л», указывая массу пробы и соответствующую геометрию измерения, при этом

используют источник ^{137}Cs с активностью 10^5 Бк, а время измерения определяется относительной статистической погрешностью, которая должна быть менее 5 % (но не менее 300с).

Примечание - В связи с тем, что разница в фоновых характеристиках мала по сравнению с полезной загрузкой от точечного источника с активностью 10^5 Бк, допускается для геометрий измерения «Плоский сосуд 0,5 л» и «Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л» использовать фоновые спектры, измеренные ранее;

с) рассчитывают относительную разность показаний δ, %, по формуле

$$\delta = \frac{A_{изм} - A_0/K_П}{A_0/K_П} \cdot 100, \qquad (7.5)$$

где A_0 – значение активности эталонного точечного источника, Бк, рассчитанное по формуле

$$A_0 = A \cdot \exp(-0,693 \cdot \frac{t}{T_{1/2}}), \qquad (7.6)$$

где A – активность точечного источника ^{137}Cs из свидетельства о поверке, Бк;

t – время, прошедшее от даты поверки эталонного точечного источника до даты поверки спектрометра, сут;

$T_{1/2}$ – период полураспада радионуклидов ^{137}Cs, сут, $T_{1/2}$ =10976 сут;

$K_П$ – коэффициент перехода от активности источников гамма-излучения ^{137}Cs типа ОСГИ к значениям имитируемой УА, кг, рассчитанный по формуле

$$K_П = K_0 \cdot Q, \qquad (7.7)$$

где K_0 – общий коэффициент перехода, значения которого приведены в таблице 7.3, (кг·с·Бк)/(имп·л);

Q – чувствительность спектрометра к радионуклиду ^{137}Cs, (имп·л)/(с·Бк), указанная в таблице Б.1 РЭ.

Результаты поверки признают положительными, если в соответствии с ГОСТ 17209, ГОСТ 23923 для радионуклида ^{137}Cs во всех геометриях измерения выполняется условие

$$|\delta| \le |\delta_c| + |\delta_0|, \qquad (7.8)$$

где δ_c – нормированный предел допускаемой основной относительной погрешности измерения ОА (УА) поверяемого спектрометра, %, δ_c =±20 %;

δ_0 – погрешность активности эталонного точечного источника (из свидетельства о поверке), %.

Результаты измерений заносят в протокол поверки (таблица Г.5, приложение Г).

7.3.3.2.2 Определение основной относительной погрешности и проверку диапазона измерений объемной (удельной) активности радионуклида ^{90}Sr проводят в соответствии с таблицей 7.4 в следующей последовательности:

а) проводят контроль параметров спектрометра в соответствии с разделом 4 РО (4.3.2).

Примечание – В качестве фоновых спектров допускается использовать спектры, измеренные в 7.3.3.2.1 (к, л);

б) устанавливают в БЗ насадку №1, источник бета-излучения типа 1СО (1С0) (таблица 7.4) активной поверхностью вверх и рассеиватель в соответствии с рисунком В.5 (приложение В). Закрывают БЗ;

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ Научно-исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3

Таблица 7.4

Геометрия измерения УА	Геометрия расположения источника 1СО (1С0)	Общий коэффициент перехода K_0, (кг·с·Бк)/(имп·л)	Активность источника 1СО (1С0), Бк	Имитируемая УА, Бк/кг
Сосуд Маринелли 1,0 л	Геометрия 5	458	10^2	(5,22±1,04)·10
		487	10^3	(4,91±0,98)·10^2
		582	10^4	(4,11±0,82)·10^3
		587	10^5	(4,08±0,82)·10^4
Плоский сосуд 0,5 л	Геометрия 2	8,5	10^3	(2,56±0,51)·10^4
Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л	Геометрия 2	8	10^3	(8,22±1,64)·10^4
Плоский сосуд 0,2 л	Геометрия 2	8,1	10^3	(2,68±0,54)·10^4
Плоский сосуд 0,03 л	Геометрия 3	14,6	10^2	(4,51±0,90)·10^3

в) проводят набор спектра в соответствии с разделом 4 РО (4.4.1), при этом задают следующие параметры измерения:

- время набора – 10800 с;
- масса пробы – 1000 г;
- геометрия измерения – «Сосуд Маринелли 1,0 л»;

г) по окончании измерения сохраняют измеренный спектр в соответствии с разделом 4 РО (4.1.2). Допускается останавливать измерение при достижении статистической погрешности менее 5 %;

д) определяют значение удельной активности $A_{изм}$ (Бк/кг), имитируемой источником типа 1СО (1С0), радиометрическим методом в соответствии с разделом 4 РО (4.5.4);

е) проводят аналогичные измерения удельной активности $A_{изм}$ (Бк/кг) последовательно для всех источников указанных в таблице 7.4 для геометрии измерения «Сосуд Маринелли 1,0 л»;

ж) открывают крышку БЗ, извлекают рассеиватель, устанавливают источник бета-излучения типа 1СО (1С0) с активностью 10^3 Бк активной поверхностью вверх в соответствии с рисунком В.2 (приложение В). Закрывают БЗ;

и) проводят набор спектра в соответствии с разделом 4 РО (4.4.1), при этом задают следующие параметры измерения:

- время набора – 300 с;
- масса пробы – 500 г;
- геометрия измерения – «Плоский сосуд 0,5 л»;

к) по окончании измерения сохраняют измеренный спектр в соответствии с разделом 4 РО (4.1.2);

л) определяют значение удельной активности $A_{изм}$ (Бк/кг), имитируемой источником типа 1СО (1С0), радиометрическим методом в соответствии с разделом 4 РО (4.5.4);

м) проводят аналогичные измерения удельной активности $A_{изм}$ (Бк/кг) последовательно для геометрий «Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л», «Плоский сосуд 0,2 л»;

н) открывают крышку БЗ, извлекают источник бета-излучения типа 1СО (1С0) с активностью 10^3 Бк и насадку №1. Устанавливают насадки №1 и №2, источник бета-излучения

типа 1СО (1С0) с активностью 10^2 Бк активной поверхностью вверх в соответствии с рисунком В.3 (приложение В). Закрывают БЗ;

п) проводят набор спектра в соответствии с разделом 4 РО (4.4.1), при этом задают следующие параметры измерения:

- время набора – 300 с;
- масса пробы – 30 г;
- геометрия измерения – «Плоский сосуд 0,03 л»;

р) по окончании измерения сохраняют измеренный спектр в соответствии с разделом 4 РО (4.1.2);

с) определяют значение удельной активности $A_{изм}$ (Бк/кг), имитируемой источником типа 1СО (1С0), радиометрическим методом в соответствии с разделом 4 РО (4.5.4);

т) рассчитывают относительную разность показаний δ, %, по формуле

$$\delta = \frac{A_{изм} - A_0 / K_П}{A_0 / K_П} \cdot 100, \tag{7.9}$$

где A_0 – значение активности эталонного источника ^{90}Sr типа 1СО (1С0), Бк, рассчитанное по формуле

$$A_0 = A \cdot \exp(-0,693 \cdot \frac{t}{T_{1/2}}), \tag{7.10}$$

где A – активность источника типа 1СО (1С0) из свидетельства о поверке, Бк;

t – время, прошедшее от даты поверки эталонного источника типа 1СО (1С0) до даты поверки спектрометра, сут;

$T_{1/2}$ – период полураспада радионуклида ^{90}Sr, $T_{1/2}$ =10523 сут;

$K_П$ – коэффициент перехода от активности источников бета-излучения ^{90}Sr типа 1СО (1С0) к значениям имитируемой УА, кг, рассчитанный по формуле

$$K_П = K_0 \cdot Q, \tag{7.11}$$

где K_0 – общий коэффициент перехода, значения которого приведены в таблице 7.4, (кг·с·Бк)/(имп·л);

Q – чувствительность спектрометра к радионуклиду ^{90}Sr+^{90}Y, (имп·л)/(с·Бк), указанная в таблице Б.1 РЭ.

Примечание – Для геометрий «Плоский сосуд 0,2 л» и «Плоский сосуд 0,03 л» необходимо использовать значения чувствительности для геометрий «Плоский сосуд 0,5 л» и «Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л» соответственно как наиболее близкие по значению для каждого спектрометра.

Результаты поверки признают положительными, если в соответствии с ГОСТ 17209, ГОСТ 23923 для радионуклида ^{90}Sr во всех геометриях измерения выполняется условие

$$|\delta| \le |\delta_c| + |\delta_0|, \tag{7.12}$$

где δ_c – нормированный предел допускаемой основной относительной погрешности измерения ОА (УА) поверяемого спектрометра, %, δ_c =±20 %;

δ_0 – погрешность измерения активности эталонного источника типа 1СО (1С0) (из свидетельства о поверке), %.

Результаты измерений заносят в протокол поверки (таблица Г.5, приложение Г).

7.3.3 Определение основной относительной погрешности при измерении объемной (удельной) активности радионуклидов в диапазоне энергий от 50 до 3000 кэВ спектрометрическим методом

7.3.3.1 Определение основной относительной погрешности при измерении ОА (УА) радионуклидов в диапазоне энергий от 50 до 3000 кэВ спектрометрическим методом проводят с использованием эталонных объемных источников гамма-излучения типа ОРР или ОМАСН с радионуклидами ^{139}Ce, ^{137}Cs, ^{88}Y в следующей последовательности:

а) проводят контроль параметров спектрометра, а также оперативный контроль фона в соответствии с разделом 4 РО (4.3.2, 4.3.3);

б) устанавливают в БЗ поочередно сосуд Маринелли 1,0 л, плоский сосуд 0,5 л, плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л с эталонным объемным источником ^{139}Ce, ^{137}Cs, ^{88}Y и закрывают крышку БЗ, предварительно определив параметры измерения (геометрию, массу эталонного объемного источника, активность на дату измерения) в соответствии с разделом 5 РЭ (5.6);

в) задают параметры измерения и инициируют измерение спектра от установленного в БЗ эталонного объемного источника в соответствии с разделом 4 РО (4.4.1);

г) оценивают число отсчетов N, имп, в ППП радионуклидов ^{139}Ce, ^{137}Cs, ^{88}Y в соответствии с разделом 4 РО (4.5.3);

д) останавливают измерение спектра при достижении числа импульсов в ППП не менее 10^4;

е) определяют ОА (УА) радионуклида в соответствии с разделом 4 РО (4.5.3). При этом в активном окне на экране монитора ПК напротив надписи «Фон вычтен» должен стоять флажок (раздел 4 РО, рисунок 4.21). Измеренное значение ОА (УА) $A_{изм}$ и значение абсолютной статистической погрешности ΔA при доверительной вероятности 0,95 отображаются на экране монитора ПК;

ж) рассчитывают в соответствии с ГОСТ 17209, ГОСТ 23923 относительную разность показаний δ, %, по формуле

$$\delta = \frac{A_{изм} / K - A_0}{A_0} \cdot 100, \qquad (7.13)$$

где K – поправочный коэффициент, учитывающий эффект каскадных совпадений для радионуклида ^{88}Y (E=1836 кэВ), $K = 0,92$ для геометрии «Сосуд Маринелли 1,0 л», $K = 0,95$ для геометрии «Плоский сосуд 0,5 л» и $K = 0,91$ для геометрии «Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л». Для радионуклидов ^{139}Ce, ^{137}Cs $K = 1$ для всех геометрий измерения;

A_0 – значение ОА (УА) эталонного объемного источника гамма-излучения, Бк/л (Бк/кг), рассчитанное по формуле

$$A_0 = A \cdot \exp(-0,693 \cdot \frac{t}{T_{1/2}}), \qquad (7.14)$$

где A – ОА (УА) эталонного объемного источника (из свидетельства о поверке), Бк/л (Бк/кг);

t – время, прошедшее от даты поверки эталонного объемного источника до даты поверки спектрометра, сут;

Научно-исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3 «БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ»

$T_{1/2}$ – период полураспада радионуклидов ^{139}Ce, ^{137}Cs и ^{90}Y, равный соответственно 137,6; 10976; 106,6 сут;

и) выполняют аналогичные измерения ОА (УА) и расчет δ , %, для каждой геометрии и для всех радионуклидов в соответствии с 7.3.3.1 (б) - ж)).

Примечание – Допускается использовать эталонные объемные источники с иными радионуклидами, содержащими отдельно отстоящие гамма-линии с энергиями по краям и в середине энергетического диапазона спектрометра.

Результаты поверки признают положительными, если в соответствии с ГОСТ 17209, ГОСТ 23923 для каждого из радионуклидов ^{139}Ce, ^{137}Cs и ^{88}Y во всех геометриях измерений выполняется условие

$$|\delta| \le |\delta_c| + |\delta_0|, \qquad (7.15)$$

где δ_c – нормированный предел допускаемой основной относительной погрешности измерения ОА (УА) поверяемого спектрометра, %, δ_c =±20 %;

δ_0 – относительная погрешность ОА (УА) эталонного объемного источника (из свидетельства о поверке), %.

Результаты измерений заносят в протокол поверки (таблица Г.6, приложение Г).

7.3.4 Определение эффективности регистрации

7.3.4.1 Эффективность регистрации гамма-канала определяют в ППП с энергией 661,7 кэВ с использованием эталонных объемных источников гамма-излучения специального назначения с радионуклидом ^{137}Cs плотностью 1 г/см^3 в следующей последовательности:

а) проводят контроль параметров спектрометра, а также оперативный контроль фона в соответствии с разделом 4 РО (4.3.2, 4.3.3);

б) набирают фоновый спектр в соответствии с разделом 4 РО (4.4.1), используя сосуд, заполненный дистиллированной водой, при этом задают параметры измерения:

- время набора – 10800 с;
- масса пробы – 1000 г;
- геометрия измерения – «Сосуд Маринелли 1,0 л»;

в) записывают на жесткий диск ПК набранный спектр в соответствии с разделом 4 РО (4.1.2);

г) повторяют операции согласно 7.3.4.1 (б), в)) последовательно для геометрий измерения «Плоский сосуд 0,5 л», «Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л», указывая соответствующие массу пробы и геометрию измерения.

Примечание – Допускается использовать фоновые спектры, измеренные ранее и записанные на жесткий диск ПК, в случае неизменности условий измерений;

д) размещают в БЗ сосуд Маринелли объемом 1,0 л, заполненный источником, и инициируют набор спектра в соответствии с разделом 4 РО (4.4.1), при этом задают следующие параметры измерения:

- время набора – 3600 с;
- масса пробы – 1000 г;
- геометрия измерения – «Сосуд Маринелли 1,0 л»;

е) проводят обработку спектра и оценивают число отсчетов N , имп, в ППП с энергией 661,7 кэВ радионуклида ^{137}Cs в соответствии с разделом 4 РО (4.5.3), останавливают измерение при достижении числа отсчетов в ППП не менее 10^4 имп;

ж) проводят обработку спектра в соответствии с разделом 4 РО (4.5.3) и фиксируют скорость счета n_γ, имп/с, в ППП с энергией 661,7 кэВ радионуклида ^{137}Cs за вычетом фонового спектра;

и) определяют эффективность регистрации ε, имп/фотон, по формуле

$$\varepsilon = \frac{n_\gamma}{A \cdot I_\gamma}, \tag{7.16}$$

где I_γ – квантовый выход для энергии 661,7 кэВ радионуклида ^{137}Cs, фотон/распад, I_γ = 0,851 фотон/распад;

A – активность источника на дату проведения измерения, Бк, рассчитанная по формуле

$$A = A_{уд} \cdot m, \tag{7.17}$$

где m – масса пробы, кг;

$A_{уд}$ – УА эталонного объемного источника из свидетельства о поверке, Бк/кг;

к) повторяют операции согласно 7.3.4.1 (д), ж)) последовательно для геометрий измерения «Плоский сосуд 0,5 л», «Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л», указывая массу источника и соответствующую геометрию измерения;

л) определяют эффективность регистрации ε по формуле (7.16) в геометриях измерения «Плоский сосуд 0,5 л» и «Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л».

Результаты поверки признают положительными, если значения эффективности регистрации соответствуют значениям, приведенным в таблице 7.6. Результаты измерений заносят в протокол поверки (таблица Г.8, приложение Г).

Таблица 7.5

Энергия, кэВ	Эффективность регистрации ε, 10^{-2} имп/фотон		
	Сосуд Маринелли 1,0 л	Плоский сосуд 0,5 л	Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л
661,7	2,36 ± 0,47 (2,46 ± 0,49)	1,56 ± 0,31 (1,54 ± 0,31)	3,14 ± 0,63 (2,96 ± 0,59)
Примечание – Значения, заключенные в скобки, применяются для спектрометров, изготовленных до мая 2015 г.			

7.3.4.2 Эффективность регистрации гамма-канала определяют в ППП с энергией 661,7 кэВ с использованием эталонных источников гамма-излучения типа ОСГИ с радионуклидом ^{137}Cs в следующей последовательности:

а) проводят контроль параметров спектрометра в соответствии с разделом 4 РО (4.3.2);

б) открывают БЗ, устанавливают насадку №1 в соответствии с рисунком В.2 (приложение В);

в) набирают фоновый спектр в соответствии с разделом 4 РО (4.4.1), при этом задают параметры измерения:

- время набора – 10800 с;
- масса пробы – 1000 г;
- геометрия измерения – «Сосуд Маринелли 1,0 л».

Примечание – Допускается использовать фоновые спектры, измеренные ранее и записанные на жесткий диск ПК;

г) по окончании измерения сохраняют измеренный спектр как фоновый в соответствии с разделом 4 РО (4.1.4);

д) повторяют операции согласно 7.3.4.2 (в), г)) последовательно для геометрий измерения «Плоский сосуд 0,5 л», «Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л указывая массу пробы и соответствующую геометрию измерения;

е) размещают на насадку №1 источник гамма-излучения типа ОСГИ с радионуклидом ^{137}Cs в соответствии с рисунком В.2 (приложение В), и инициируют набор спектра в соответствии с разделом 4 РО (4.4.1), при этом задают следующие параметры измерения:

- время набора – 3600 с;
- масса пробы – 1000 г;
- геометрия измерения – «Сосуд Маринелли 1,0 л»,

ж) в процессе набора проводят обработку спектров, оценивают число отсчетов N, имп, в ППП с энергией 661,7 кэВ радионуклида ^{137}Cs в соответствии с разделом 4 РО (4.5.3), останавливают измерение при достижении числа отсчетов в ППП не менее 10^4 имп;

и) проводят обработку спектров в соответствии с разделом 4 РО (4.5.3) и фиксируют скорость счета n_γ, имп/с, в ППП с энергией 661,7 кэВ радионуклида ^{137}Cs за вычетом фонового спектра;

к) определяют эффективность регистрации ε, имп/фотон, по формуле

$$\varepsilon = \frac{n_\gamma}{\frac{A_0}{K_П} \cdot I_\gamma}, \tag{7.18}$$

где A_0 – активность точечного источника на дату проведения измерения, Бк;

I_γ – квантовый выход для энергии 661,7 кэВ радионуклида ^{137}Cs, фотон/распад, I_γ =0,851 фотон/распад;

$K_П$ – коэффициент перехода от активности точечных источников к объемной активности для радионуклида ^{137}Cs, рассчитанный по формуле

$$K_П = \frac{K_0 \cdot \varepsilon_0}{m}, \tag{7.19}$$

где K_0 – общий коэффициент перехода, (кг·фотон)/имп, K_0 =339 (кг·фотон)/имп для геометрии «Сосуд Маринелли 1,0 л», K_0 =125 (кг·фотон)/имп для геометрии «Плоский сосуд 0,5 л» и K_0 =50 (кг·фотон)/имп для геометрии «Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л»;

ε_0 – эффективность регистрация спектрометра для соответствующего радионуклида, указанная в таблице Б.3 РЭ для точечной геометрии, имп/фотон;

m – масса пробы, кг;

л) повторяют операции согласно 7.3.4.2 (е) - к)) последовательно для геометрий измерения «Плоский сосуд 0,5 л», «Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л», указывая массу пробы и соответствующую геометрию измерения;

м) определяют эффективность регистрации ε по формуле (7.18) в геометриях измерения «Плоский сосуд 0,5 л» и «Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л».

ФГБУ «Российский государственный институт метрологии» Научно-исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3

Результаты поверки признают положительными, если значения эффективности регистрации соответствуют значениям, приведенным в таблице 7.6. Результаты измерений заносят в протокол поверки (таблица Г.8, приложение Г).

7.3.5 Определение минимальной измеряемой активности

7.3.5.1 Определение минимальной измеряемой активности (МИА) радионуклидов ^{137}Cs, ^{40}K и ^{90}Sr радиометрическим методом выполняют за время измерения 3 ч в следующей последовательности:

а) проводят контроль параметров спектрометра, а также оперативный контроль фона в соответствии с разделом 4 РО (4.3.2, 4.3.3);

б) устанавливают в БЗ сосуд «Маринелли» с дистиллированной водой;

в) набирают фоновый спектр в соответствии с разделом 4 РО (4.4.1), при этом задают параметры измерения:

- время набора – 10800 с;
- масса пробы – 1000 г;
- геометрия измерения – «Сосуд Маринелли 1,0 л»;

г) по окончании измерения сохраняют измеренный спектр как фоновый в соответствии с разделом 4 РО (4.1.4);

д) повторяют операции 7.3.5.1 (б) - г) для геометрий измерения «Плоский сосуд 0,5 л», «Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л», «Плоский сосуд 0,2 л», «Плоский сосуд 0,03 л», указывая соответствующие массу пробы и геометрию измерения;

е) набирают спектр в соответствии с разделом 4 РО (4.4.1), при этом сосуд должен быть заполнен дистиллированной водой, и задают параметры измерения:

- время набора – 10800 с;
- масса пробы – 1000 г;
- геометрия измерения – «Сосуд Маринелли 1,0 л»;

ж) записывают на жесткий диск ПК набранный спектр в соответствии с разделом 4 РО (4.1.2);

и) повторяют операции согласно 7.3.5.1 (е), ж)) последовательно для геометрий измерения «Плоский сосуд 0,5 л», «Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л», «Плоский сосуд 0,2 л», «Плоский сосуд 0,03 л», указывая массу пробы и соответствующую геометрию измерения;

к) обрабатывают последовательно в радиометрическом режиме сохраненные спектры для геометрий измерения «Сосуд Маринелли 1,0 л», «Плоский сосуд 0,5 л», «Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л», «Плоский сосуд 0,2 л», «Плоский сосуд 0,03 л» в соответствии с разделом 4 РО (4.5.4);

л) считывают после завершения обработки спектра для каждой геометрии измерения значения объемной активности A и абсолютной статистической погрешности ΔA (P=0,95), индицируемые на экране монитора ПК для радионуклидов ^{137}Cs, ^{40}K и ^{90}Sr.

Примечание – Допускается использовать фоновые спектры, измеренные ранее и записанные на жесткий диск ПК.

Результаты поверки признают положительными, если значения A и ΔA не превышают МИА, приведенные в таблице 7.6. Результаты измерений заносят в протокол поверки (таблица Г.7, приложение Г).

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
Научно-исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3

Таблица 7.6

Геометрия измерения	Минимальная измеряемая активность A, Бк/кг (Бк/л)		
	Радионуклид		
	^{137}Cs	^{40}K	^{90}Sr
Сосуд Маринелли 1,0 л	1 (2)	20	10 (20)
Плоский сосуд 0,5 л	6	75	10 (20)
Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л	15	170	100
Плоский сосуд 0,2 л	–	–	15 (20)
Плоский сосуд 0,03 л	–	–	15 (20)
Примечание – Значения, заключенные в скобки, применяются для спектрометров, изготовленных до мая 2015 г.			

7.3.5.2 Определение значения МИА радионуклида ^{137}Cs выполняют за время измерения 3 ч при статистической погрешности 50 % (P=0,95) в следующей последовательности:

а) проводят контроль параметров спектрометра, а также оперативный контроль фона в соответствии с разделом 4 РО (4.3.2, 4.3.3);

б) набирают фоновый спектр в соответствии с разделом 4 РО (4.4.1), при этом сосуд должен быть заполнен дистиллированной водой, и задают параметры измерения:

- время набора – 10800 с;
- масса пробы – 1000 г;
- геометрия измерения – «Сосуд Маринелли 1,0 л»;

в) записывают на жесткий диск ПК набранный спектр в соответствии с разделом 4 РО (4.1.2);

г) повторяют операции согласно 7.3.5.2 (б), в)) последовательно для геометрий измерения «Плоский сосуд 0,5 л», «Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л», указывая соответствующую геометрию измерения и массу пробы.

Примечание – Допускается использовать фоновые спектры, измеренные ранее и записанные на жесткий диск ПК;

д) обрабатывают фоновые спектры для геометрий измерения «Сосуд Маринелли 1,0 л», «Плоский сосуд 0,5 л», «Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л», определяя количество отсчетов $N_ф$ в энергетическом диапазоне от 535 до 790 кэВ с помощью функции интегрирования в соответствии с разделом 4 РО (4.5.3);

е) рассчитывают МИА $A_{min}(t_0)$, Бк/кг (Бк/л), радионуклида ^{137}Cs для геометрий измерения «Сосуд Маринелли 1,0 л», «Плоский сосуд 0,5 л», «Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л» по формуле

$$A_{min}(t_0) = \frac{2\sqrt{N_ф}}{\varepsilon \cdot t_0 \cdot \delta \cdot I_\gamma \cdot m}, \qquad (7.20)$$

где $N_ф$ – количество отсчетов, имп;

ε – значение эффективности регистрации в ППП радионуклида ^{137}Cs в данной геометрии измерения, имп/фотон, определенное в соответствии с 7.3.4.1;

t_0 – время измерения, с, t_0 = 10800 с;

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
Научно-исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3

δ – статистическая погрешность однократного измерения при доверительной вероятности 0,95, δ =0,5;

I_γ – квантовый выход для энергии 661,7 кэВ радионуклида ^{137}Cs, фотон/распад, I_γ = 0,851 фотон/распад;

m – масса (объем) пробы, кг (л).

В случае необходимости рассчитывают МИА $A_{\min}(t)$, Бк/кг (Бк/л), радионуклида ^{137}Cs для произвольного времени t, с, по формуле

$$A_{\min}(t) = A_{\min}(t_0) \cdot \sqrt{\frac{t_0}{t}}. \qquad (7.21)$$

В случае необходимости определяют МИА для произвольного радионуклида из числа присутствующих в библиотеке в соответствии с методом, указанным в СТБ 8067 (8.3.7).

Результаты измерений заносят в протокол поверки с указанием геометрии и времени измерения (таблица Г.9, приложение Г).

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
Научно-исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3

8 Оформление результатов поверки

8.1 Результаты поверки заносят в протокол, рекомендуемая форма которого приведена в приложении Г.

8.2 При положительных результатах поверки спектрометра:

– наносят на него знак государственной поверки и (или) выдают свидетельство о поверке по форме, установленной [2];

– делают запись в разделе 13 РЭ даты проведения первичной поверки, заверенной подписью и оттиском государственного поверителя.

8.3 При отрицательных результатах первичной поверки спектрометра выдают заключение о непригодности по форме, установленной [2].

8.4 При отрицательных результатах последующей поверки спектрометра выдают заключение о непригодности по форме, установленной [2], ранее нанесенный знак поверки подлежит уничтожению путем приведения его в состояние, непригодное для дальнейшего применения, предыдущее свидетельство прекращает свое действие.

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
Научно-исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3

Приложение А
(обязательное)
Обязательные метрологические требования

Таблица А.1

Наименование характеристики	Значение характеристики		
Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения, кэВ	от 50 до 3000		
Диапазон граничных энергий бета-излучения, кэВ	от 150 до 3550		
Характеристика преобразования спектрометров с БДГ-АТ1315	$E = a \cdot n + b$, где E – энергия гамма-излучения, кэВ; a, b – постоянный коэффициент, индивидуальный для каждого спектрометра; n – номер канала		
Пределы допускаемой основной относительной погрешности характеристики преобразования спектрометров с БДГ-АТ1315 в диапазоне энергий от 50 до 3000 кэВ, %	±1		
Номинальная градуировочная характеристика преобразования			
спектрометр с БДГ-АТ1315	Радионуклид (энергия)		Положение центра пика полного поглощения, номер канала
	^{241}Am	(E_γ=59,5 кэВ)	20 ± 2 (25 ± 2)
	^{137}Cs	(E_γ=661,7 кэВ)	220 ± 2
	^{88}Y	(E_γ=1836 кэВ)	602 ± 18
спектрометр с БДБ-АТ1315	Радионуклид (энергия)		Положение центра пика конверсионных электронов, номер канала
	^{137}Cs	($E_к$=624 кэВ)	165 ± 1,6
			Положение границы бета-спектра, номер канала
	^{14}C	($E_{гр}$=156,5 кэВ)	37 ± 5
	^{90}Sr+^{90}Y	($E_{гр}$=2274 кэВ (^{90}Y))	630 ± 60
	^{106}Ru+^{106}Rh	($E_{гр}$=3540 кэВ (^{106}Rh))	930 ± 70

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
Научно-исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3

Наименование характеристики	Значение характеристики		
Относительное энергетическое разрешение спектрометров с БДГ-АТ1315 для гамма-линии радионуклида ^{137}Cs (Eγ = 661,7 кэВ), %, не более	9,5		
Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении объемной (удельной) активности гамма-излучающих радионуклидов в диапазоне энергий от 50 до 3000 кэВ (спектрометрический метод) и объемной (удельной) активности радионуклидов ^{137}Cs, ^{40}K, ^{90}Sr (радиометрический метод), %	±20		
Диапазоны измерений объемной (удельной) активности радионуклидов ^{137}Cs, ^{40}K и ^{90}Sr для проб плотностью 1 г/см^3, Бк/л (Бк/кг):	^{137}Cs	^{40}K	^{90}Sr
сосуд Маринелли 1,0 л	$1 – 1·10^5$	$20 – 2·10^4$	$10 – 3·10^5$
плоский сосуд 0,5 л	$6 – 4·10^5$	$75 – 2·10^4$	$10 – 3·10^5$
плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л	$15 – 1·10^6$	$170 – 2·10^4$	$100 – 1·10^6$
Эффективность регистрации спектрометра с БДГ-АТ1315 для гамма-линии радионуклида ^{137}Cs (Eγ = 661,7 кэВ), 10^{-2} имп/фотон	Сосуд Маринелли 1,0 л	Плоский сосуд 0,5 л	Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л
	2,36 ± 0,47 (2,46 ± 0,49)	1,56 ± 0,31 (1,54 ± 0,31)	3,14 ± 0,63 (2,96 ± 0,59)
Минимальная измеряемая активность при продолжительности измерения 3 ч, Бк/л (Бк/кг), не более:	^{137}Cs	^{40}K	^{90}Sr
сосуд Маринелли 1,0 л	1 (2)	20	10 (20)
плоский сосуд 0,5 л	6	75	10 (20)
плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л	15	170	100
Примечание – Значения, заключенные в скобки, применяются для спектрометров, изготовленных до мая 2015 г.			

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
Научно-исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3

Приложение Б
(справочное)
Комплект принадлежностей для поверки

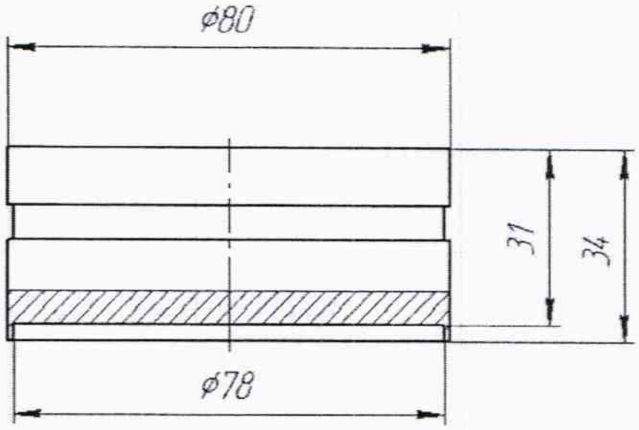


Рисунок Б.1 – Насадка №1 ТИАЯ.711621.001

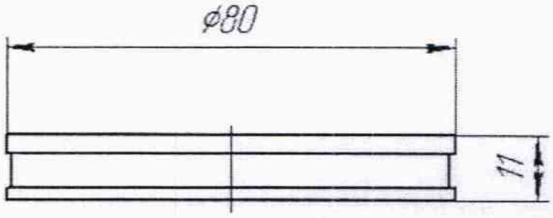


Рисунок Б.2 – Насадка №2 ТИАЯ.711621.003

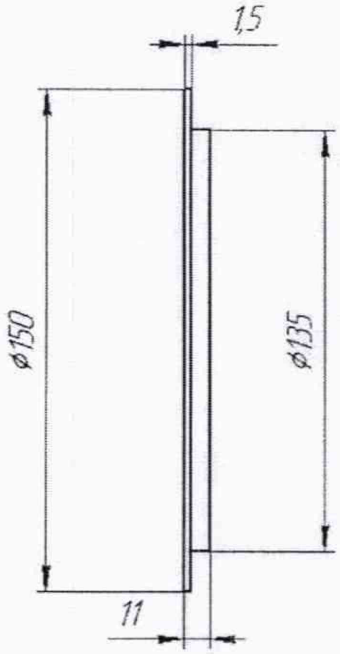
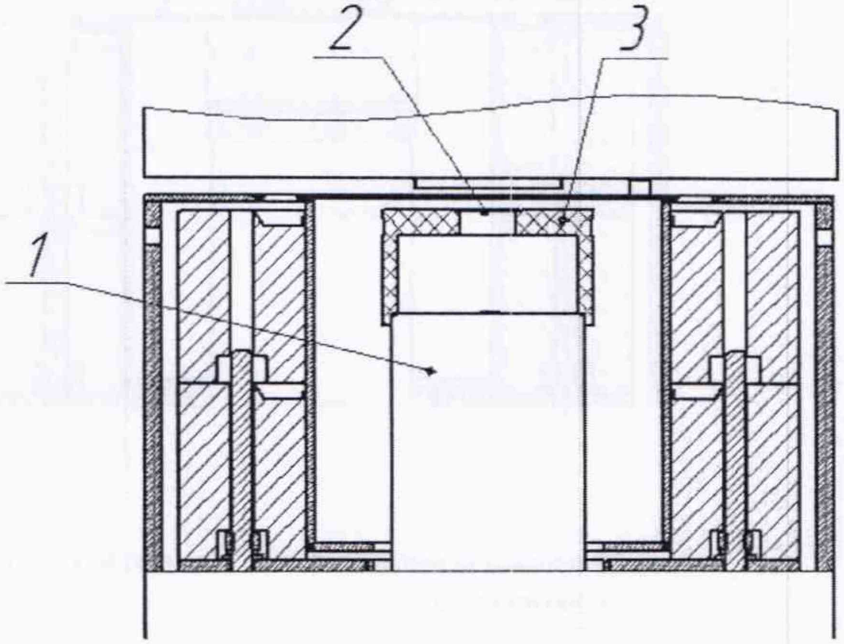


Рисунок Б.3 – Диск ТИАЯ.711311.005 (рассеиватель)

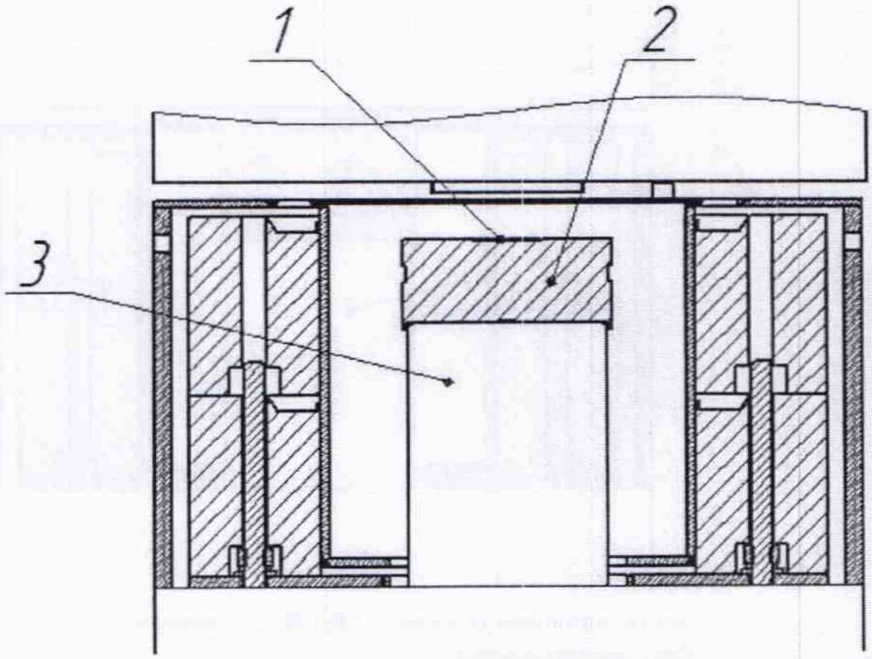
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
Научно-исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3

Приложение В
(рекомендуемое)
Приспособления



1 – блок детектирования; 2 – место установки источника ОСГИ; 3 – держатель.

Рисунок В.1 – Геометрия 1

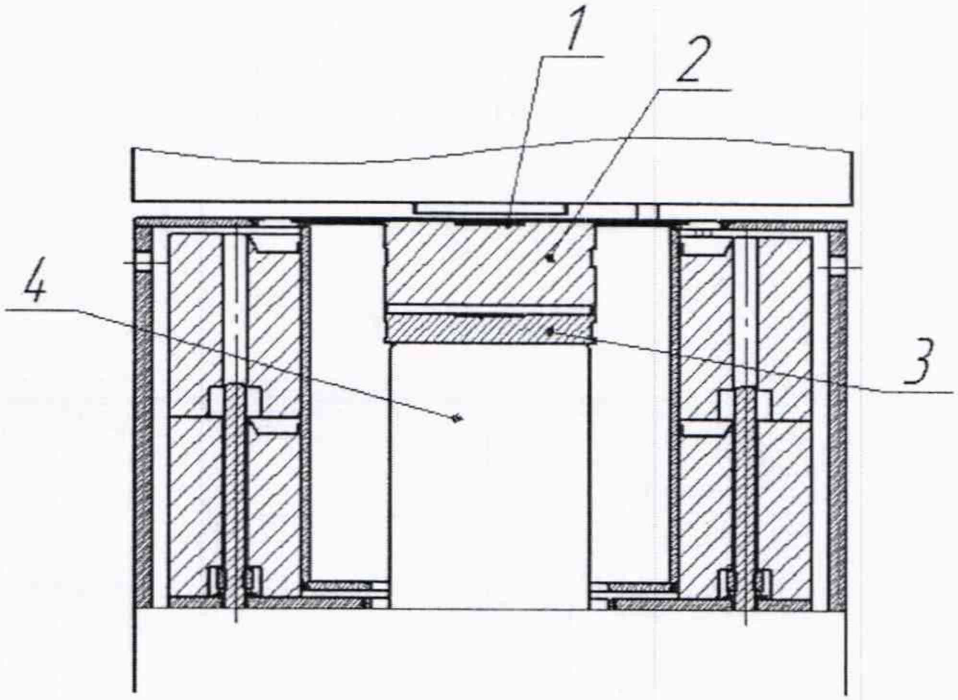


1 – место установки источника ОСГИ; 2 – насадка № 1;

3 – блок детектирования.

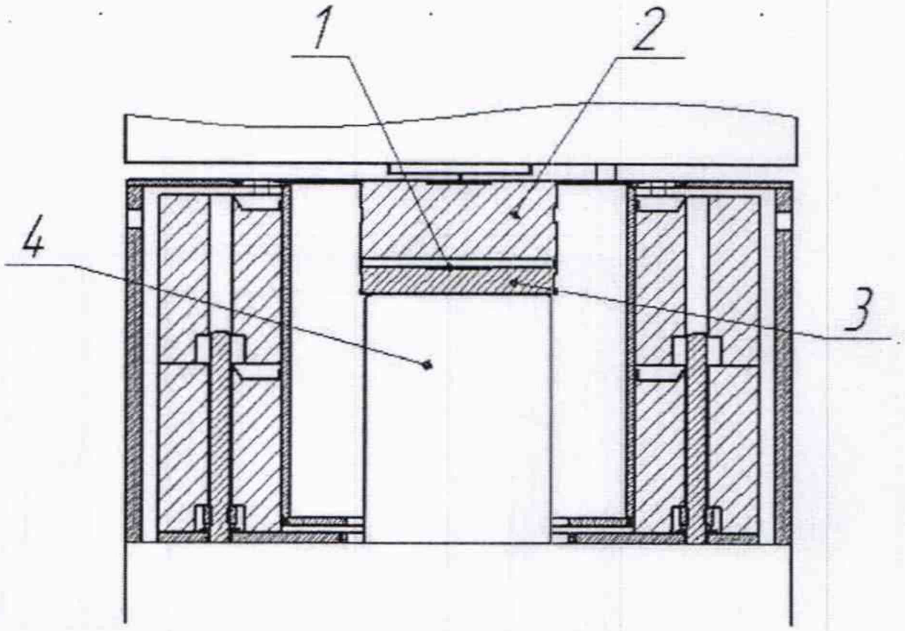
Рисунок В.2 – Геометрия 2

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
Научно-исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3



1 – место установки источника ОСГИ; 2 – насадка № 1; 3 – насадка № 2;
4 – блок детектирования.

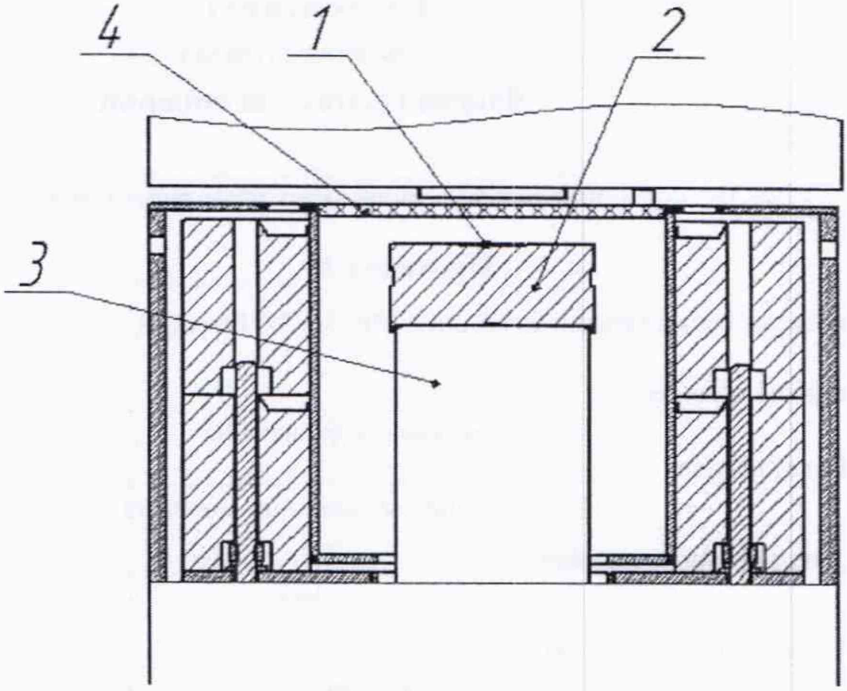
Рисунок В.3 – Геометрия 3



1 – место установки источника ОСГИ; 2 – насадка № 1; 3 – насадка № 2;
4 – блок детектирования.

Рисунок В.4 – Геометрия 4

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
Научно-исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3



1 – место установки источника ОСГИ; 2 – насадка № 1; 3 – блок детектирования; 4 – рассеиватель.

Рисунок В.5 – Геометрия 5

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
Научно-исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3

Приложение Г
(рекомендуемое)
Форма протокола поверки

_____
наименование организации, проводящей поверку

Протокол № _____

поверки гамма-бета-спектрометра МКС-АТ1315 зав.№_____

принадлежащего _____
наименование организации

Изготовитель _____
наименование изготовителя

Дата проведения поверки _____
год, месяц, число

Поверка проводится по _____
документ, по которому проводится поверка

Средства поверки

Таблица Г.1

Наименование и тип СИ	Заводской номер

Условия поверки

- температура окружающего воздуха _____ °С;
- относительная влажность воздуха _____ %;
- атмосферное давление _____ кПа;
- фон гамма-излучения _____ мкЗв/ч.

Результаты поверки

Г.1 Внешний осмотр_____
соответствует/не соответствует

Г.2 Опробование

- проверка работоспособности и сохранности градуировки _____
соответствует/не соответствует
- соответствие ПО

Таблица Г.2

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Наименование ПО	SPTR
Идентификационное наименование ПО	SPTR.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	MD5

Результаты проверки соответствия ПО _____

соответствует/не соответствует

Г.3 Определение метрологических характеристик

Г.3.1 Определение основной относительной погрешности характеристики преобразования, номинальной градуировочной характеристики преобразования и относительного энергетического разрешения гамма-канала

Таблица Г.3

Нуклид	^{241}Am	^{57}Co	^{139}Ce	^{113}Sn	^{137}Cs	^{54}Mn	^{22}Na	^{88}Y	^{228}Th
E_γ, кэВ	59,6	122,0	165,9	391,7	661,7	834,8	1274,5	1836	2614
Центроида, канал	20 ± 2 (25 ± 2)				220 ± 2			602 ± 18	
Центроида, измер.									
E_γ, кэВ									
Основная относительная погрешность характеристики преобразования, %						±1		при поверке	
Энергетическое разрешение по ^{137}Cs, %						не более 9,5			
Примечание − Значения, заключенные в скобки, применяются для спектрометров, изготовленных до мая 2015 г.									

Г.3.2 Определение номинальной градуировочной характеристики преобразования бета-канала

Таблица Г.4

Радионуклид	Положение центра пика, номер канала	
^{137}Cs ($E_к$=624 кэВ)	165,0 ± 1,6	
	Положение границы бета-спектра, номер канала	
^{14}C ($E_р$=156,5кэВ)	37 ± 5	
^{90}Sr+^{90}Y ($E_р$=2274 кэВ)	630 ± 60	

Г.3.3 Определение основной относительной погрешности и проверка диапазонов измерений ОА (УА) радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr радиометрическим методом

Таблица Г.5

Геометрия измерения	Эталонный объемный источник					
	^{137}Cs			^{90}Sr		
	A_0, Бк/л	$A_{изм}$, Бк/л	δ, %	A_0, Бк/л	$A_{изм}$, Бк/л	δ, %
Сосуд Маринелли 1,0 л						
Плоский сосуд 0,5 л						
Плоский сосуд 0,2 л	-	-	-			
Плоский сосуд «Дента» 0,1 л						
Плоский сосуд 0,03 л	-	-	-			

Геометрия измерения	Эталонный точечный источник имитирующий удельную активность							
	^{137}Cs				^{90}Sr			
	A_0, Бк	$A_{изм}$, Бк/кг	$K_П$, кг	δ, %	A_0, Бк	$A_{изм}$, Бк/кг	$K_П$, кг	δ, %
Сосуд Маринелли 1,0 л								
Плоский сосуд 0,5 л								
Плоский сосуд 0,2 л								
Плоский сосуд «Дента» 0,1 л								
Плоский сосуд 0,03 л								

Г.3.4 Определение основной относительной погрешности при измерении ОА (УА) радионуклидов в диапазоне энергий от 50 до 3000 кэВ спектрометрическим методом

Таблица Г.6

Геометрия измерения	^{139}Ce			^{137}Cs			^{88}Y		
	A_0, Бк/л	$A_{изм}$, Бк/л	δ, %	A_0, Бк/л	$A_{изм}$, Бк/л	δ, %	A_0, Бк/л	$A_{изм}$, Бк/л	δ, %
Сосуд Маринелли 1,0 л									
Плоский сосуд 0,5 л									
Плоский сосуд «Дента» 0,1 л									

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
Научно-исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3

Г.3.5 Определение эффективности регистрации гамма-канала

Таблица Г.7

Энергия, кэВ	Эффективность регистрации ε, 10^{-2} имп/фотон					
	Сосуд Маринелли 1,0 л		Плоский сосуд 0,5 л		Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л	
661,7	2,36 ± 0,47 (2,46 ± 0,49)		1,56 ± 0,31 (1,54 ± 0,31)		3,14 ± 0,63 (2,96 ± 0,59)	
Примечание – Значения, заключенные в скобки, применяются для спектрометров, изготовленных до мая 2015 г.						

Г.3.6 Определение МИА радионуклидов ^{137}Cs, ^{40}K и ^{90}Sr радиометрическим методом

Таблица Г.8

Геометрия измерения	МИА, Бк/кг (Бк/л)					
	^{137}Cs		^{40}K		^{90}Sr	
Сосуд Маринелли 1,0 л	<1 (<2)		<20		<10 (<20)	
Плоский сосуд 0,5 л	<6		<75		<10 (<20)	
Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л	<15		<170		<100	
Плоский сосуд 0,2 л	–	–	–	–	<15 (<30)	
Плоский сосуд 0,03 л	–	–	–	–	<15 (<30)	
Примечание – Значения, заключенные в скобки, применяются для спектрометров, изготовленных до мая 2015 г.						

Г.3.7 Определение МИА радионуклида ^{137}Cs спектрометрическим методом

Таблица Г.9

Геометрия измерения	$A_{min}(t_0)$, Бк/кг (Бк/л)	Время измерения t, с
Сосуд Маринелли 1,0 л		
Плоский сосуд 0,5 л		
Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л		

Заключение по результатам поверки_____

Свидетельство о государственной поверке _____ №_____
(заключение о непригодности)

Государственный поверитель _____ _____
подпись расшифровка подписи

Библиография

[1] Правила осуществления метрологической оценки для утверждения типа средств измерений и стандартных образцов.
Утверждены постановлением Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь 20.04.2021 № 38

[2] Правила осуществления метрологической оценки в виде работ по государственной поверке средств измерений.
Утверждены постановлением Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь 24.04.2021 № 40

[3] Порядок проведения поверки средств измерений.
Утвержден приказом Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510

[4] Санитарные нормы и правила «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения».
Утверждены постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31 декабря 2013 г. № 137

[5] Санитарные нормы и правила «Требования к радиационной безопасности».
Утверждены постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28 декабря 2012 г № 213

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
Научно-исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3

Лист регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в докум.	№ документа	Входящий № сопроводительного документа и дата	Подп.	Дата
	изменённых	заменённых	новых	аннулированных					
3	–	2-21	22-35	–	35	ТИАЯ.175-2021		КВ	03.02.2022

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
Научно-исследовательский отдел законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ №3