

УТВЕРЖДАЮ

Директор ГП "ЦЭСМ"

Н.В. Загора

Handwritten signature



СОГЛАСОВАНО

Директор НИИ "Атомтех"

В.А. Кожемякин

1998 г.

Handwritten signature



ГАММА-БЕТА-СПЕКТРОМЕТР

МКС-АТ1315

Методика поверки

ТНАЯ.412151.004 МП

МП 516 - 98

2739 22.12.2000 8/8



КОПИЯ ВЕРНА

Handwritten signature



Содержание

1	Вводная часть.....	3
2	Операции поверки	3
3	Средства поверки.....	4
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	13
	Приложение А (рекомендуемое) Форма протокола поверки	14



1 Вводная часть

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на гамма-бета-спектрометр МКС-АТ1315 ТИАЯ.412151.004 (далее – спектрометр), устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки и соответствует ГОСТ 26874-86 «Спектрометры энергий ионизирующих излучений. Методы измерений основных параметров», 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».

1.2 Первичной поверке подлежат спектрометры утвержденного типа, выпускаемые из производства.

1.3 Периодической поверке подлежат спектрометры, находящиеся в эксплуатации или на хранении, через межповерочные интервалы.

Интервал между поверками – 12 мес.

1.4 Внеочередной поверке до окончания срока действия периодической поверки подлежат спектрометры, выходящие из ремонта, влияющего на метрологические характеристики. Внеочередная поверка спектрометров после ремонта проводится в объеме, установленном в методике поверки для первичной поверки.

1.5 Поверка спектрометров должна осуществляться юридическими лицами государственной метрологической службы или аккредитованными поверочными лабораториями других юридических лиц.

2 Операции поверки

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

Таблица 2.1

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
3 Определение метрологических характеристик:			
3.1 Определение интегральной нелинейности (ИНЛ) гамма-канала спектрометра;	7.3.1	Да	Да
3.2 Определение номинальной градуировочной характеристики гамма-канала спектрометра;	7.3.1	Да	Да



Продолжение таблицы 2.1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
3.3 Определение относительного энергетического разрешения гамма-канала спектрометра;	7.3.1	Да	Да
3.4 Определение номинальной градуировочной характеристики бета-канала спектрометра;	7.3.2	Да	Нет
3.5 Определение минимальной измеряемой активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{40}K и ^{90}Sr ;	7.3.3	Да	Да
3.6 Определение основной относительной погрешности и диапазонов измерения объемной (ОА) (удельной (УА)) активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr радиометрическим методом;	7.3.4	Да	Да
3.7 Определение основной относительной погрешности измерения ОА (УА) радионуклидов в диапазоне энергий от 50 до 3000 кэВ спектрометрическим методом	7.3.5	Да	Нет

2.2 При получении отрицательных результатов при проведении операций поверка должна быть прекращена.

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 методики поверки	Наименование и тип эталонов и вспомогательных средств поверки	Метрологические и основные технические характеристики
7.3.4, 7.3.5	Эталонные объемные радионуклидные источники по ГОСТ 8.033-96 типа ОРР или ОМАСН с радионуклидами ^{139}Ce , ^{137}Cs , ^{88}Y , ^{90}Sr , ^{90}Y	Номинальная ОА (УА) от $1 \cdot 10^3$ до $2,5 \cdot 10^4$ Бк/л (Бк/кг). Погрешность аттестации не более $\pm 6\%$
7.3.2	Эталонные радионуклидные источники бета-излучения с радионуклидом ^{14}C типа ОРИБИ и ^{90}Sr , ^{90}Y типа 1С0	Номинальная интенсивность внешнего бета-излучения от $1 \cdot 10^4$ до $2 \cdot 10^4$ с $^{-1}$, площадь активной части источников 1 см 2 . Погрешность аттестации не более $\pm 6\%$
7.3.1	Комплект эталонных гамма-источников типа ОСГИ-3	Энергия гамма-излучения от 60 до 2615 кэВ, активность от $1 \cdot 10^4$ до $1 \cdot 10^5$ Бк, $\delta \leq 6\%$



Продолжение таблицы 3.1

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип эталонов и вспомогательных средств поверки	Метрологические и основные технические характеристики
7.2, 7.3.1, 7.3.3, 7.3.4	Контрольный источник (КИ) с радионуклидом ^{137}Cs типа ОСГИ-3, входящий в комплект поставки	Активность $(9 \pm 1) \cdot 10^3$ Бк
7.2, 7.3.1, 7.3.3, 7.3.4	Держатель, входящий в комплект поставки	
7.2, 7.3.1, 7.3.3, 7.3.4	Персональный компьютер (ПК), входящий в комплект поставки	
7.2, 7.3.1, 7.3.3, 7.3.4	Компакт диск, с программным обеспечением «SPTR», входящий в комплект поставки	
6.1	Термометр	Цена деления 1 °С. Диапазон измерений температуры от 10 °С до 40 °С
6.1	Барометр	Цена деления 1 кПа. Диапазон измерений атмосферного давления от 60 до 120 кПа. Основная погрешность ± 0.2 кПа
6.1	Измеритель влажности	Диапазон измерения относительной влажности воздуха от 20 % до 90 %. Основная погрешность ± 5 %
6.1	Дозиметр гамма-излучения	Диапазон измерений радиационного фона от 0,05 до 10 мкЗв/ч. Основная погрешность ± 20 %
7.2	Материалы для проведения дезактивации измерительных сосудов	Синтетическое моющее средство из расчета 1 г на 1 л
7.2	Материалы для проведения дезактивации блоков детектирования (БДГ, БДБ) и блока защиты (БЗ): бинт, ватные тампоны, спирт этиловый ректифицированный	Спирт этиловый ректифицированный ГОСТ 18300-87 из расчета 40 г на одну промывку
Примечания		
1 Все средства измерений должны иметь действующие клейма и (или) свидетельства о проведении поверки. Допускается применять другие средства измерений с метрологическими характеристиками не хуже указанных.		
2 Для расчета контрольной суммы программного обеспечения допускается применять стандартные средства, например, Total Commander, Double Commander.		

4 Требования к квалификации поверителей

4.1 К проведению измерений при поверке и (или) обработке результатов измерений допускают лиц, аттестованных в качестве поверителей в установленном порядке.



5 Требования безопасности

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, установленные ГОСТ 12.2.091-2002 для оборудования класса III (степень загрязнения 2, категория монтажа II). Персональный компьютер, входящий в состав спектрометра, должен быть сертифицирован и иметь сертификаты соответствия по безопасности и электромагнитной совместимости.

5.2 При проведении поверки должны быть соблюдены требования СанПиН от 31.12.2013 № 137 Санитарные нормы и правила «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения», СанПиН от 28.12.2012 № 213 Санитарные нормы и правила «Требования к радиационной безопасности» и ГН от 28.12.2012 № 213 Гигиенический норматив «Критерии оценки радиационного воздействия».

5.3 Процесс поверки должен быть отнесен к работе с вредными условиями труда.

6 Условия поверки и подготовка к ней

6.1 Поверку необходимо проводить в следующих условиях:

- температура окружающего воздуха $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$
- относительная влажность воздуха $60 (+20; -30) \%$;
- атмосферное давление $101,3 (+5,4; -15,3) \text{ кПа}$;
- внешний фон гамма-излучения не более $0,20 \text{ мкЗв/ч}$.

6.2 В помещении, где проводится поверка, не должно быть посторонних источников ионизирующих излучений.

6.3 При подготовке к поверке необходимо:

- а) внимательно ознакомиться с руководством по эксплуатации (РЭ) и руководством оператора (РО) на спектрометр;
- б) выдержать спектрометр в нормальных условиях в течение не менее 2 ч;
- в) подготовить спектрометр к работе согласно разделу 4 РЭ (4.4-4.9);
- г) подготовить к работе ПК, эталоны и вспомогательные средства поверки в соответствии с их технической документацией.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При проведении внешнего осмотра проверяют:

- соответствие комплектности поверяемого спектрометра требованиям раздела 1 РЭ (1.3) в объеме, необходимом для поверки;
- наличие свидетельства о предыдущей поверке (при периодической поверке);
- наличие, исправность и прочность соединительных кабелей;
- отсутствие загрязнений, механических повреждений, влияющих на работоспособность спектрометра.



7.2 Опробование

7.2.1 При проведении опробования проводят:

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

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

7.2.3 Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО) спектрометра проводят путем проверки идентификационных данных метрологически значимой части встроенного и внешнего ПО и проверкой обеспечения защиты ПО от несанкционированного доступа во избежание искажения результатов измерений.

Соответствие встроенного ПО, а именно программ «BDB» и «BDG», определяется проверкой наличия пломб на корпусах блоков детектирования БДБ-АТ1315 и БДГ-АТ1315, обеспечивающих защиту от несанкционированного доступа во избежание искажения результатов измерений.

Определение цифровых идентификаторов исполняемых кодов внешнего ПО (файла SPTR.exe) проводится вычислением контрольной суммы 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».

Идентификационные данные в соответствии с таблицей 7.1.

Таблица 7.1

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
SPTR	SPTR.exe	1.4.1.3*	7849c3d02f56419 7ad3034ca4e2e62 b5***	MD5
BDB	BDB.hex	135.7*	Не определен**	CRC32
BDG	BDG.hex	134.7*	Не определен**	CRC32

* Номер версии ПО не ниже указанного в таблице.
 ** Встроенное ПО устанавливается на стадии производства. Доступа к цифровому идентификатору встроенного ПО нет.
 *** Контрольная сумма относится к текущей версии программного обеспечения (1.4.1.3).

Результаты опробования считают удовлетворительными, если спектрометр после прохождения самоконтроля перешел в режим стабилизации, отсутствуют сообщения об ошибках, целостность пломб на блоках БДГ и БДБ не нарушена, а идентификационные данные внешнего ПО соответствуют приведенным в таблице 7.1 и в разделе РЭ «Свидетельство о приемке».



7.3 Определение метрологических характеристик

7.3.1 Определение интегральной нелинейности (ИНЛ), номинальной градуировочной характеристики и энергетического разрешения гамма-канала спектрометра проводить с использованием девяти спектрометрических эталонных источников гамма-излучения типа ОСГИ-3, указанных в таблице 7.2.

Таблица 7.2

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	661,6	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.

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

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

- а) установить держатель в БЗ в соответствии с рисунком А.1 (приложение А РЭ);
- б) установить на держатель гамма-источник и закрыть БЗ;
- в) выбрать в режиме «Измерение» основного меню функцию «Набор» и инициировать процесс набора спектра, задав параметры измерения:

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

г) значение входной статистической загрузки гамма-канала спектрометра, отображаемое в информационной строке, должно находиться в пределах от 250 до 5000 имп/с;

д) если это требование не выполняется, извлечь держатель из БЗ, изменить расстояние между пластинами и выполнить вновь операции по 7.3.1 (а)-(г). Повторять регулировку статистической загрузки до тех пор, пока не будет выполнено условие 7.3.1 (г).

Примечание – Допускается в случае необходимости устанавливать источник непосредственно на торец корпуса БД;

е) в соответствии с разделом 4 РО (4.5.3) обработать спектр и определить площадь пика полного поглощения (ППП);

ж) измерения остановить при достижении числа импульсов в ППП не менее 10⁴;

и) в соответствии с разделом 4 РО (4.5.3) провести анализ ППП и записать в рабочий журнал значение центров пиков для всех радионуклидов. Для радионуклида ¹³⁷Cs определить дополнительно значение относительного энергетического разрешения по формуле

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

где R^{new} – разрешение спектрометра, %;

dE – ширина ППП на полувысоте, кэВ;

E_0 – энергия ППП для гамма-линии 662 кэВ радионуклида ¹³⁷Cs, кэВ;



к) используя результаты, полученные при проверке по 7.3.1 (и) для источников, указанных в таблице 7.2, определить ИНЛ в соответствии с разделом 4 РО (4.6.1) или по методике, изложенной в разделе 4 ГОСТ 26874-86.

Результаты поверки признаются удовлетворительными, если:

- интегральная нелинейность не превышает $\pm 1 \%$;
- энергетическое разрешение по гамма-линии ^{137}Cs не превышает $9,5 \%$;
- положения центров пиков полного поглощения для гамма-линий ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{88}Y соответствуют нормам, приведенным в таблице 7.2.

7.3.2 Определение номинальной градуировочной характеристики бета-канала спектрометра проводить с использованием эталонных радионуклидных источников бета-излучения ^{14}C (тип ОРИБИ), $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ (тип 1С0) и контрольного источника ^{137}Cs (тип ОСГИ-3), входящего в комплект поставки спектрометра.

Провести контроль параметров спектрометра в соответствии с разделом 4 РО (4.3.2), записать в рабочий журнал положение максимума пика конверсионных электронов с энергией $E_x = 624$ кэВ. Значение канала отображается по завершении процедуры проверки параметров в информационных окнах (слева от номинальных значений контрольных параметров).

Для остальных источников поочередно выполнить следующие операции:

- а) установить держатель в БЗ в соответствии с рисунком А.1 (РЭ, приложение А);
- б) установить на держатель источник, при этом его активная часть должна быть направлена в сторону входного окна блока детектирования бета-излучения;
- в) закрыть крышку БЗ спектрометра и провести измерение спектра для бета-канала спектрометра в соответствии с разделом 4 РО (4.4.1), при этом входная статистическая загрузка бета-канала спектрометра должна находиться в пределах от 250 до 5000 имп/с.

Примечание – Если это требование не выполняется, извлечь держатель из БЗ, изменить расстояние между пластинами держателя и повторить операции по 7.3.2 (а)-(в) настоящей методики;

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

Результаты поверки признаются удовлетворительными, если:

- положение центра пика конверсионных электронов радионуклида ^{137}Cs находится в интервале между 150 и 180 каналами и соответствует значению, указанному в разделе «Особые отметки» РЭ;
- положение границы бета-спектра радионуклида ^{14}C находится в интервале между 30 и 45 каналами;
- положение границы бета-спектра радионуклида $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ находится в интервале между 550 и 700 каналами (^{90}Y).



7.3.3 Определение минимальной измеряемой активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{40}K выполнить в следующей последовательности:

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

б) провести измерение спектра за время 10800 с в соответствии с разделом 4 РО (4.4.1) для геометрии измерения «сосуд Маринелли 1,0 л», при этом сосуд должен быть заполнен дистиллированной водой;

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

г) повторить операции согласно 7.3.3 (б), (в) 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»;

д) обработать в радиометрическом режиме сохраненные спектры последовательно для геометрий «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);

е) прочесть после завершения обработки спектра для каждой геометрии значения объемных активностей A и их абсолютные статистические 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 признаются удовлетворительными, если значения A и ΔA не превышают минимальные измеряемые активности (МИА), приведенные в таблице 7.3.

Таблица 7.3

Геометрия измерения	МИА, 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	6	75	10 (20)
Плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л	15	170	100
Плоский сосуд 0,2 л	20	100	20
Плоский сосуд 0,03 л	50	100	20

Примечание – Значения, заключенные в скобки, применяются для спектрометров, изготовленных до мая 2015 г.

7.3.4 Определение основной относительной погрешности измерения ОА (U_A) радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr проводить радиометрическим методом по ГОСТ 17209-89, ГОСТ 23923-89 методом прямого измерения ОА (U_A) эталонных объемных источников типа ОРР или ОМАСН в одной точке диапазона измерений спектрометра в следующей последовательности:

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

б) установить поочередно штатный измерительный сосуд с эталонным объемным источником ^{137}Cs , ^{90}Sr в БЗ и закрыть крышку БЗ, предварительно определив параметры

измерения (геометрию, массу эталонного объемного источника) в соответствии с разделом 5 РЭ (5.6);

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

г) в режиме «обработка» выбрать функцию «Радиометрическая обработка» (раздел 4 РО (4.5.4)). При этом на экране монитора ПК отображаются текущие значения измеряемой объемной (удельной) активности A радионуклида и соответствующие им текущие значения статистической погрешности ($P=0,95$).

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

д) при достижении относительной статистической погрешности значения не более 5 % записать в рабочий журнал измеренное значение ОА (УА) $A_{изм}$, индицируемое на экране монитора ПК;

е) рассчитать в соответствии с ГОСТ 17209-89, ГОСТ 23923-89 относительную разность показаний δ , %, по формуле

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

где A_0 – значение ОА (УА) эталонного объемного источника по свидетельству об аттестации, пересчитанное по формуле

$$A_0 = A \cdot \exp(-0.693 \cdot t / T_{1/2}), \quad (7.3)$$

где t – время в сутках, прошедшее с момента аттестации эталонного объемного источника до поверки спектрометра;

A – ОА (УА) эталонного объемного источника по свидетельству об аттестации для ^{137}Cs и ^{90}Sr ;

$T_{1/2}$ – период полураспада радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr , равный соответственно 10964 и 10483 сут;

ж) выполнить аналогичные измерения ОА (УА) для каждой геометрии согласно 7.3.4 (в)-(е).

Результаты поверки признаются удовлетворительными, если в соответствии с ГОСТ 17209-89, ГОСТ 23923-89 для каждого радионуклида ^{137}Cs и ^{90}Sr и всех геометрий измерения выполняется условие

$$|\delta| \leq |\delta_c| + |\delta_0|, \quad (7.4)$$

где $\delta_c = \pm 20\%$ – нормированный предел допускаемой основной погрешности измерения ОА (УА) при доверительной вероятности 0,95 на поверяемый спектрометр;

δ_0 – погрешность аттестации эталонного объемного источника по ОА (УА), %, по свидетельству об аттестации.

7.3.5 Определение основной относительной погрешности измерения ОА радионуклидов в диапазоне энергий от 50 до 3000 кэВ проводить спектрометрическим методом с использованием эталонных объемных гамма-источников типа ОРР или ОМАСИ с радионуклидами ^{139}Ce , ^{137}Cs , ^{88}Y в следующей последовательности:

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

б) установить 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 закрыть крышку БЗ, предварительно определив параметры измерения (геометрию, массу эталонного объемного источника) в соответствии с разделом 5 РЭ (5.6);

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

г) установить два маркера слева и справа от ППП, соответствующего гамма-линии радионуклидного источника, и оценить в ходе набора спектра интегральное число зарегистрированных импульсов в области ППП;

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

е) определить 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) $A_{\text{изм}}$ и значение ее абсолютной статистической погрешности ΔA при доверительной вероятности 0,95 отображаются на экране монитора ПК;

ж) рассчитать в соответствии с ГОСТ 17209-89, ГОСТ 23923-89 относительную разность показаний δ , %, по формуле

$$\delta = \frac{A_{\text{изм}} / K - A_0}{A_0} \cdot 100, \quad (7.5)$$

где A_0 – значение ОА (УА) эталонного объемного гамма-источника, пересчитанное по формуле

$$A_0 = A \cdot \exp(-0.693 \cdot t / T_{1/2}), \quad (7.6)$$

t – время в сутках, прошедшее с момента аттестации эталонного объемного источника до поверки спектрометра;

A – ОА (УА) эталонного объемного источника по свидетельству об аттестации;

$T_{1/2}$ – период полураспада радионуклидов ^{139}Ce , ^{137}Cs и ^{90}Y , равный соответственно 137,6; 10964; 106,6 сут;

K – поправочный коэффициент, учитывающий эффект каскадных совпадений для радионуклида ^{88}Y ($E=1836$ кэВ). Равен 0,92 для геометрии «сосуд Маринелли 1,0 л», 0,95 – для геометрии «плоский сосуд 0,5 л» и 0,91 – для геометрии «плоский сосуд типа «Дента» 0,1 л».

Для радионуклидов ^{139}Ce , ^{137}Cs $K=1$ для всех геометрий измерения;

и) выполнить аналогичные измерения ОА (УА) и расчет δ , %, для каждой геометрии и по всем радионуклидам в соответствии с 7.3.5(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 признаются удовлетворительными, если в соответствии с ГОСТ 17209-89, ГОСТ 23923-89 для каждого из радионуклидов ^{139}Ce , ^{137}Cs и ^{88}Y во всех геометриях измерений выполняется условие

$$|\delta| \leq |\delta_c| + |\delta_0|, \quad (7.7)$$

где $\delta_c = \pm 20\%$ – нормированный предел допускаемой основной относительной погрешности измерения ОА (УА) при доверительной вероятности 0,95 на поверяемый спектрометр;

δ_0 – погрешность аттестации эталонного объемного источника по ОА (УА), %, по свидетельству об аттестации.

8 Оформление результатов поверки

8.1 Результаты поверки оформляют протоколом по форме, приведенной в приложении А.

8.2 Положительные результаты поверки удостоверяются:

- а) при выпуске спектрометров из производства:
 - записью о поверке в разделе РЭ «Свидетельство о приемке», заверенной подписью и оттиском поверительного клейма;
 - нанесением клейма-наклейки поверителя на корпус ПК;
- б) при эксплуатации и выпуске спектрометра после ремонта – нанесением клейма-наклейки поверителя на корпус ПК и выдачей свидетельства о поверке по форме в соответствии с приложением Г ТКП 8.003-2011.

8.3 При отрицательных результатах поверки эксплуатация спектрометров запрещается и выдается заключение о непригодности по форме в соответствии с приложением Д ТКП 8.003-2011. При этом поверительное клеймо подлежит погашению, свидетельство о поверке аннулируется.

**Приложение А
(рекомендуемое)
Форма протокола поверки**

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

ДАТА ПОВЕРКИ _____

ПОВЕРКА ПРОВОДИЛАСЬ _____
поверочный орган

Условия поверки:

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

СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

Средства поверки

ОСГИ-3-Cs7	№ _____			$\delta_0 = 6 \%, P = 0,95$
Комплект ОСГИ-3	№ _____			$\delta_0 \leq 6 \%, P = 0,95$
ОРИБИ ¹⁴ C	№ _____	⁹⁰ Sr+ ⁹⁰ Y	№ _____	$\delta_0 \leq 6 \%, P = 0,95$
ОРР ¹³⁷ Cs	№ _____	¹³⁹ Ce	№ _____	$\delta_0 = 6 \%, P = 0,95$
⁸⁸ Y	№ _____	⁹⁰ Sr	№ _____	

1 Внешний осмотр:

- комплектность _____
- отсутствие механических повреждений _____
- исправность соединительных кабелей _____

2 Опробование:

- стабилизация, контроль работоспособности и сохранности градуировки _____
- идентификация ПО _____

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



3 Определение метрологических характеристик

3.1 Определение интегральной нелинейности (ИНЛ), энергетического разрешения гамма-канала

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									
ИНЛ, %							по ТУ	измеренное	
Разрешение по ¹³⁷ Cs, %							< 1		
							< 9,5		
Примечание – Значения, заключенные в скобки, применяются для спектрометров, изготовленных до мая 2015 г.									

3.2 Определение номинальной градуировочной характеристики бета-канала

Нуклид	Положение центра пика, канал	
	по ТУ	измеренное значение
¹³⁷ Cs ($E_{\kappa} = 624$ кэВ)	150-180	
	Положение границы спектра	
	по ТУ	измеренное значение
¹⁴ C ($E_{\text{сп}} = 156,5$ кэВ)	30-45	
⁹⁰ Sr+ ⁹⁰ Y ($E_{\text{сп}} = 2274$ кэВ)	550-700	

3.3 Определение минимально измеряемой активности (МИА)

Геометрия измерения	МИА, Бк/кг (Бк/л)					
	¹³⁷ Cs		⁴⁰ K		⁹⁰ Sr	
	по ТУ	измеренное	по ТУ	измеренное	по ТУ	измеренное
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	< 20	-	< 100	-	< 20	
Плоский сосуд 0,03 л	< 50	-	< 100	-	< 20	
Примечание – Значения, заключенные в скобки, применяются для спектрометров, изготовленных до мая 2015 г.						

3.4 Определение основной относительной погрешности измерения ОА (УА) ^{137}Cs и ^{90}Sr радиометрическим методом

Геометрия измерения	^{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						
Плоский сосуд 0,5 л						
Плоский сосуд 0,2 л	-	-	-			
Плоский сосуд «Дента» 0,1 л						
Плоский сосуд 0,03 л	-	-	-			

Примечание - $\delta = (A_{изм} - A_0) / A_0$; $|\delta| < |\delta_c| + |\delta_0|$, $\delta_c = \pm 20\%$, $P = 0,95$ - нормированный предел допускаемой основной погрешности измерения; δ_0 - по свидетельству ОРР, %.

3.5 Проверка основной относительной погрешности измерения ОА (УА) радионуклидов в диапазоне энергий спектрометрическим методом

Геометрия измерения	^{139}Ce			^{137}Cs			^{88}Y (1836 кэВ)		
	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									
Плоский сосуд 0,5 л									
Плоский сосуд «Дента» 0,1 л									

Примечание - $\delta = (A_{изм} - A_0) / A_0$; $|\delta| < |\delta_c| + |\delta_0|$, $\delta_c = \pm 20\%$, $P = 0,95$ - нормированный предел допускаемой основной погрешности измерения; δ_0 - по свидетельству ОРР, %.

ВЫВОДЫ _____

Свидетельство
(заключение о непригодности)

№ _____ от _____

Проверку провел _____
подпись

(_____)
фамилия



Лист регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в докум.	№ документа	Входящий № сопроводительного документа и дата	Подп.	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных					
5		2-16	14			ТИАЯ.21-2015		<i>[Signature]</i>	

