

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Директор УП «АТОМТЕХ»

Директор БелГИМ



В.А. Кожемякин
В.А. Кожемякин



Н.А. Жагора
Н.А. Жагора

27 сентября 2012

27 сентября 2012

Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь

СПЕКТРОМЕТР МКГ-АТ1321

Методика поверки

ТИАЯ.412155.008 МП

МРБ МП. 2264 -2012

РАЗРАБОТЧИК

Главный метролог УП «АТОМТЕХ»

В.Д. Гузов
В.Д. Гузов

27 сентября 2012

Начальник лаборатории

ядерной электроники УП «АТОМТЕХ»

А.Н. Семеняко
А.Н. Семеняко

27 сентября 2012

КОПИЯ ВЕРНА

09.09.2012
Директор



В.А. Кожемякин
В.А. Кожемякин

Шт.б. № 15065 04.10.2012

Содержание

1	Вводная часть.....	3
2	Операции поверки	3
3	Средства поверки.....	4
4	Требования к квалификации поверителей	5
5	Требования безопасности	5
6	Условия поверки и подготовка к ней	5
7	Проведение поверки.....	6
8	Оформление результатов поверки	13
	Приложение А (рекомендуемое) Форма протокола поверки	14

Мэкс
В.А. Гусов



Листера . О .

1 Вводная часть

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на спектрометр МКГ-АТ1321 (далее – спектрометр), устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки и соответствует ГОСТ 26874-86 «Спектрометры энергий ионизирующих излучений. Методы измерений основных параметров», СТБ 8065-2016 «Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Дозиметры и измерители мощности дозы фотонного излучения. Методика поверки».

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.

Межповерочный интервал – 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:	7.3	Да	Да
3.1 Определение основной относительной погрешности характеристики преобразования и проверка диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения;	7.3.1	Да	Да
3.2 Определение относительного энергетического разрешения;	7.3.2	Да	Да
3.3 Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения с энергией гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs ;	7.3.3	Да	Да



Продолжение таблицы 2.1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
3.4 Определение основной относительной погрешности измерения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения	7.3.4, 7.3.5	Да	Да
4 Оформление результатов поверки	8.1–8.3	Да	Да

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
7.3.1–7.3.3	Эталонные спектрометрические источники гамма-излучения типа ОСГИ-3	Активность от 3 до 180 кБк. Диапазон энергий 59,6–2700 кэВ. Поток фотонов в телесный угол 4π стерadian от $7 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^5$ с ⁻¹ . Погрешность аттестации по активности не более ± 6 %
7.3.4, 7.3.5	Эталонная дозиметрическая установка гамма-излучения с набором источников ¹³⁷ Cs по ГОСТ 8.087-2000	Диапазон измерений мощности кермы в воздухе от 0,025 мкГр/ч до 80,0 мГр/ч. Погрешность аттестации установки не более ± 7 %
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
6.1	Измеритель влажности	Диапазон измерения относительной влажности воздуха от 20 % до 90 %. Погрешность измерения не более ± 5 %.



Таблица 3.1

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип эталонов и вспомогательных средств поверки	Метрологические и основные технические характеристики
6.1	Дозиметр гамма-излучения	Диапазон измерения фона гамма-излучения от 0,1 до 10 мкЗв/ч; Основная относительная погрешность $\pm 20\%$
<p>Примечания</p> <p>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.</p> <p>2 Переход к единицам амбиентной дозы (Зв) от единиц кермы в воздухе (Гр) для гамма-излучения источника ^{137}Cs осуществляется с помощью коэффициента преобразования, равного 1,20 Зв/Гр.</p> <p>3 Для расчета контрольной суммы программного обеспечения допускается применять стандартные средства, например, Total Commander, Double Commander.</p>		

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 12.2.091-2012 для оборудования класса III по ГОСТ 12.2.007.0-75 (степень загрязнения 2).

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», а также требования безопасности, приведенные в руководстве по эксплуатации на спектрометр.

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 от 15 °С до 25 °С;
- относительная влажность воздуха от 30 % до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- фон гамма-излучения не более 0,20 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 (далее – РЭ) на спектрометр;
- б) выдержать спектрометр в укладочном футляре в нормальных условиях в течение не менее 2 ч;
- в) извлечь спектрометр из укладочного футляра и расположить на рабочем месте;
- г) подготовить средства поверки в соответствии с их технической документацией;
- д) подготовить спектрометр к поверке согласно разделу 2 РЭ «Подготовка спектрометра к использованию».

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При проведении внешнего осмотра проверяют:

- соответствие комплектности поверяемого спектрометра требованиям раздела 1 РЭ в объеме, необходимом для поверки;
- наличие свидетельства о предыдущей поверке (при периодической поверке);
- наличие четких маркировочных надписей на спектрометре;
- отсутствие загрязнений, механических повреждений, влияющих на работу спектрометра.

7.2 Опробование

7.2.1 При опробовании проводят:

- самоконтроль спектрометра;
- проверка соответствия программного обеспечения (ПО) спектрометра.

7.2.2 Самоконтроль спектрометра проводят в соответствии с разделом 3 РЭ:

а) включают питание спектрометра, при этом спектрометр должен автоматически перейти в режим самоконтроля и проверки работоспособности. На экране должно появиться сообщение «Прогрев выполняется. Пожалуйста, ждите...»;

б) в случае обнаружения неисправностей и нарушения работоспособности на экране спектрометра появится сообщение об ошибке;

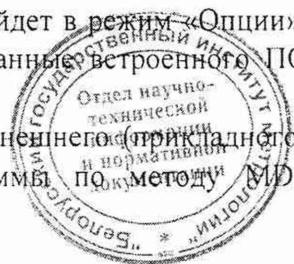
в) в случае успешного проведения самоконтроля спектрометр переходит в режим стабилизации.

7.2.3 Проверку соответствия внутреннего программного обеспечения (ПО) спектрометра проводят идентификацией ПО и проверкой обеспечения защиты ПО от несанкционированного доступа во избежание искажения результатов измерений.

После прохождения спектрометром успешного самоконтроля нажимают кнопку «1» («Отмена»), чтобы отказаться от проведения стабилизации. При этом спектрометр перейдет в режим «СПРД».

Нажимают кнопку «3» несколько раз, пока спектрометр не перейдет в режим «Опции». При этом на экране спектрометра наблюдают идентификационные данные встроенного ПО в соответствии с таблицей 7.1.

Определение цифровых идентификаторов исполняемых кодов внешнего (применяемого) ПО (файл SpectEx.exe) проводится вычислением контрольной суммы по методу МД5



с помощью внешней программы стороннего разработчика (например, стандартными средствами Total Commander или Double Commander). Номер версии программы «SpectEx» выводится на экран монитора при выборе функции «О программе» в режиме «Помощь».

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
SPiRiD1	SPiRiD1.hex	4.4B; 4.xB*	1c8d83f3**	CRC32
SPiRiD1SNM	SPiRiD1SNM.hex	4.4A; 4.xA*	6d4c9ac5**	CRC32
SpectEx	SpectEx.exe	1.1.0.3; 1.x.y.z	d73ad510602773 8ee074adc1db469 04e**	MD5

* x, y, z – составная часть номера версии ПО, принимаются равными от 1 до 199.
 ** Контрольная сумма относится к конкретной версии ПО.
 Идентификационные данные версий ПО 4.xB, 4.xA, 1.x.y.z вносят в раздел «Свидетельство о приемке» руководства по эксплуатации и в протокол поверки при первичной поверке

Результаты опробования считают удовлетворительными, если спектрометр после прохождения самоконтроля перешел в режим стабилизации, отсутствуют сообщения об ошибках и идентификационные данные внутреннего и внешнего ПО соответствуют приведенным в таблице 7.1.

7.3 Определение метрологических характеристик

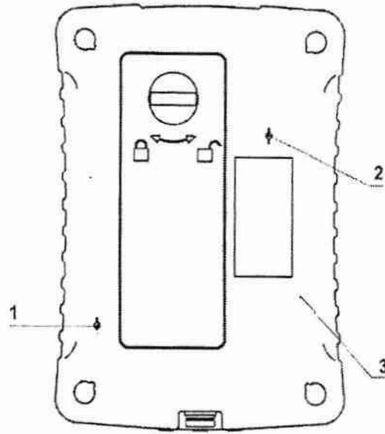
7.3.1 Определение основной относительной погрешности характеристики преобразования и проверку диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения проводят в следующей последовательности:

- включают питание спектрометра согласно разделу 2 РЭ;
- проводят стабилизацию спектрометра согласно разделу 3 РЭ;
- переводят спектрометр в режим «РИД», введя специальный пароль согласно разделу 3 РЭ;
- устанавливают поочередно источники гамма-излучения типа ОСГИ-3 с радионуклидами, указанными в таблице 7.2, на задней панели спектрометра симметрично относительно метки, обозначающей геометрический центр детектора NaI(Tl) (см. рисунок 1);

Таблица 7.2

Номер источника, i	1	2	3	4	5	6	7	8
Радионуклид	¹³⁷ Cs	²⁴¹ Am	⁵⁷ Co	¹³⁹ Ce	¹¹³ Sn	⁵⁴ Mn	²² Na	²²⁸ Th
Энергия излучения E _и , кэВ	32; 662	59,5	122	166	392	835	1275	2614





1 – метка геометрического центра чувствительного объема счетчика Гейгера-Мюллера; 2 – метка геометрического центра детектора NaI(Tl); 3 – задняя панель спектрометра.

Рисунок 1 – Расположение центров детекторов спектрометра

д) согласно разделу 3 РЭ инициируют набор спектра для каждого источника гамма-излучения и наблюдают измеряемый спектр в каналах. По оси ординат происходит накопление импульсов в каналах спектра. По оси абсцисс нормируется зависимость между значениями энергии регистрируемого гамма-излучения и номерами каналов (характеристика преобразования спектрометра). Позиция подвижного маркера (вертикальная черта) на оси абсцисс отображается на экране спектрометра в табличном виде, а именно, после позиции маркера в каналах отображается значение энергии гамма-излучения в килоэлектронвольтах (кэВ), а далее – число импульсов по оси ординат в канале, в котором установлен маркер;

е) считывают значение скорости счета импульсов от источника гамма-излучения, индицируемой в верхней строке экрана спектрометра. Скорость счета импульсов должна находиться в пределах от 250 до 10000 имп/с. Если это требование не выполняется, то изменяют расстояние между источником и спектрометром и повторяют операции согласно 7.3.1 (г–е);

ж) измеряют спектр от источника гамма-излучения до достижения интегрального числа импульсов в пике полного поглощения (ППП) не менее 10^4 согласно разделу 3 РЭ и определяют значение энергии гамма-излучения E_i , кэВ, согласно разделу 3 РЭ;

и) определяют основную относительную погрешность характеристики преобразования ПХП спектрометра в процентах по формуле

$$ПХП = \frac{\Delta E_{max}}{E_{max}} \cdot 100, \quad (1)$$

где ΔE_{max} – максимальное значение из рассчитанных разностей $\Delta E_i = |E_{0i} - E_i|$;

$E_{max} = 3000$ кэВ – верхняя граница диапазона энергий.

Определение ПХП одновременно является проверкой диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения.

Результаты поверки считают положительными, если основная относительная погрешность характеристики преобразования спектрометра не превышает 1%.



7.3.2 Определение относительного энергетического разрешения проводят в следующей последовательности:

- а) включают питание спектрометра согласно разделу 2 РЭ;
- б) проводят стабилизацию спектрометра согласно разделу 3 РЭ;
- в) переводят спектрометр в режим «РИД», введя специальный пароль (см. раздел 3 РЭ);
- г) размещают и фиксируют вплотную к задней панели спектрометра источник гамма-излучения ОСГИ-3 с радионуклидом ^{137}Cs симметрично относительно метки, обозначающей геометрический центр детектора NaI(Tl) (см. рисунок 1);
- д) иницируют набор спектра согласно разделу 3 РЭ;
- е) измеряют спектр гамма-излучения от источника типа ОСГИ-3 согласно разделу 3 РЭ до достижения интегрального числа импульсов в ППП с энергией 662 кэВ не менее $2 \cdot 10^4$, при этом входная статистическая загрузка должна быть не более 2000 с^{-1} ;
- ж) определяют значение относительного энергетического разрешения R , %, согласно разделу 3 РЭ.

Результаты поверки считают положительными, если относительное энергетическое разрешение спектрометра не превышает 9 %.

7.3.3 Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs точечного источника типа ОСГИ-3 проводят в следующей последовательности:

- а) включают питание спектрометра согласно разделу 2 РЭ;
- б) проводят стабилизацию спектрометра согласно разделу 3 РЭ;
- в) переводят спектрометр в режим «РИД», введя специальный пароль (см. раздел 3 РЭ);
- г) выполняют операции согласно 7.3.2 (г);
- д) задают время набора спектра 200 с согласно разделу 3 РЭ;
- е) измеряют спектр от точечного эталонного источника гамма-излучения типа ОСГИ-3 с радионуклидом ^{137}Cs согласно разделу 3 РЭ. По истечении заданного времени набора измерение спектра будет автоматически остановлено;
- ж) определяют значение энергии излучения E , кэВ, и значение относительного энергетического разрешения R , %, согласно разделу 3 РЭ;
- и) рассчитывают левую E_n , кэВ, и правую E_n , кэВ, границы ППП по формулам

$$E_n = E - 0,015 E \cdot R, \quad (2)$$

$$E_n = E + 0,015 \cdot E \cdot R \quad (3)$$

к) устанавливают подвижный маркер в позицию, примерно соответствующую значению энергии E_n , согласно разделу 3 РЭ;

л) переходят в подрежим «Окно» и устанавливают второй подвижный маркер в позицию, примерно соответствующую значению энергии E_n ;

м) считывают с экрана спектрометра время набора спектра t_n , с, и количество импульсов I_n в ППП в выделенном энергетическом окне $[E_n, E_n]$;

н) удаляют источник гамма-излучения с корпуса спектрометра, измеряют в течение времени $t_\phi = 200$ с фоновый спектр, в соответствии с 7.3.3 (к) и 7.3.3 (д).



н) удаляют источник гамма-излучения с корпуса спектрометра, измеряют в течение времени $t_{\phi} = 200$ с фоновый спектр, в соответствии с 7.3.3 (к) и 7.3.3 (л) устанавливают подвижные маркеры в позиции, примерно соответствующие значениям энергий E_n и E_n , считывают с экрана спектрометра измеренное количество импульсов фона I_{ϕ} в выделенном энергетическом окне $[E_n, E_n]$;

п) определяют эффективность регистрации спектрометра ε в ППП, %, для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs по формуле

$$\varepsilon = \frac{\frac{I_n - I_{\phi}}{t_n - t_{\phi}}}{A_0 \cdot \eta \cdot e^{-\frac{t}{T_{1/2}}}} \cdot 100, \quad (4)$$

где A_0 – значение активности радионуклида ^{137}Cs в эталонном гамма-источнике типа

ОСГИ-3 на дату его поверки (берут из свидетельства о поверке источника), Бк;

$\eta = 0,851$ – квантовый выход фотонов с энергией 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs , фотон/распад;

t – время, прошедшее между поверкой источника и датой измерения, сут;

$T_{1/2} = 10964$ сут – период полураспада радионуклида ^{137}Cs .

Результаты поверки считают положительными, если эффективность регистрации в ППП для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs точечного источника типа ОСГИ-3 не менее 1,10 %.

7.3.4 Определение основной относительной погрешности измерения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (далее – мощность дозы) спектрометра с детектором NaI(Tl) проводят на эталонной дозиметрической установке гамма-излучения с набором источников ^{137}Cs в контрольных точках $\dot{H}_{0i}^*(10)$ согласно таблице 7.3 в следующей последовательности:

Таблица 7.3

Номер контрольной точки i	Мощность дозы в контрольной точке $\dot{H}_{0i}^*(10)$	Измерение мощности дозы в контрольной точке		Пределы допускаемой основной относительной погрешности Δ , %
		количество измерений	статистическая погрешность, %, не более	
1	0,07 мкЗв/ч ¹⁾	3	5	±20
2	0,70 мкЗв/ч	3	3	
3	7,00 мкЗв/ч	3	3	
4	70,00 мкЗв/ч	3	3	
5	240,00 мкЗв/ч	3	3	

¹⁾ Измерения проводят при первичной поверке

а) включают питание спектрометра и проводят стабилизацию согласно разделам 2 и 3 РЭ. После выполнения стабилизации переводят спектрометр в режим «СПРД» и выбирают в меню пункт «Детектор NaI» согласно разделу 3 РЭ;



б) устанавливают спектрометр на поверочную дозиметрическую установку таким образом, чтобы продольная ось пучка излучения проходила через метку геометрического центра детектора NaI(Tl) на задней панели спектрометра (см. рисунок 1), ориентированную в сторону источника излучения;

в) устанавливают спектрометр в i -ю контрольную точку на расстоянии r_i , мм, от центра источника до метки, при этом $r_i = r_{0i} - 22$, мм, где r_{0i} – расстояние, соответствующее мощности дозы гамма-излучения $\dot{H}_{0i}^*(10)$ по данным свидетельства о поверке дозиметрической установки;

г) проводят согласно разделу 3 РЭ измерение мощности дозы гамма-излучения фона $\dot{H}_{\phi i}^*(10)$ в i -й контрольной точке со статистической погрешностью не более 5 %;

д) подвергают спектрометр облучению с заданной мощностью дозы гамма-излучения $\dot{H}_{0i}^*(10)$ и измеряют согласно разделу 3 РЭ мощность дозы гамма-излучения $\dot{H}_i^*(10)$ в i -й контрольной точке. Число измерений и статистическая погрешность каждого измерения должны быть в соответствии с таблицей 7.3. За результаты измерения мощности дозы гамма-излучения в i -й контрольной точке принимают среднее арифметическое значение из трех измерений $\bar{H}_i^*(10)$;

е) определяют в i -й контрольной точке значения доверительных границ основной относительной погрешности спектрометра Δ_i , %, с доверительной вероятностью 0,95 по формуле

$$\Delta_i = 1,1\sqrt{\theta_{0i}^2 + \theta_{\text{пр}i}^2}, \quad (5)$$

где θ_{0i} – погрешность дозиметрической установки в i -й контрольной точке, %, приведенная в свидетельстве о поверке на установку;

$\theta_{\text{пр}i}$ – относительная погрешность результата измерения мощности дозы гамма-излучения в i -й контрольной точке, %, вычисляемая по формуле

$$\theta_{\text{пр}i} = \frac{\bar{H}_i^*(10) - \dot{H}_{\phi i}^*(10) - \dot{H}_{0i}^*(10)}{\dot{H}_{0i}^*(10)} \cdot 100 \quad (6)$$

Примечание – В проверяемых точках 4, 5 значением фона можно пренебречь.

Результаты поверки считают положительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения мощности дозы гамма-излучения для всех контрольных точек не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности Δ , указанных в таблице 7.3.

7.3.5 Определение основной относительной погрешности измерения мощности дозы гамма-излучения спектрометра с детектором на основе счетчика Гейгера-Мюллера проводят на эталонной дозиметрической установке гамма-излучения с набором источников ^{137}Cs в контрольных точках $\dot{H}_{0i}^*(10)$ согласно таблице 7.4 в следующей последовательности:



Таблица 7.4

Номер контрольной точки i	Мощность дозы в контрольной точке $\dot{H}_{oi}^*(10)$	Измерение мощности дозы в контрольной точке		Пределы допускаемой основной относительной погрешности Δ , %
		количество измерений	статистическая погрешность, %, не более	
1	70,0 мкЗв/ч	3	10	±20
2	0,7 мЗв/ч	3	3	
3	7,0 мЗв/ч	3	3	
4	70,0 мЗв/ч	3	3	

а) устанавливают спектрометр на поверочную дозиметрическую установку таким образом, чтобы продольная ось пучка излучения проходила через метку геометрического центра чувствительного объема счетчика Гейгера-Мюллера на задней панели спектрометра (см. рисунок 1), ориентированную в сторону источника излучения;

б) устанавливают спектрометр в i -ю контрольную точку на расстоянии r_i , мм, от центра источника до метки, при этом $r_i = r_{oi} - 20$, мм, где r_{oi} – расстояние, соответствующее мощности дозы гамма-излучения $\dot{H}_{oi}^*(10)$ по данным свидетельства о поверке дозиметрической установки;

в) включают питание спектрометра; отказываются от проведения стабилизации, нажав кнопку «1». Переводят спектрометр в режим «СПРД», выбирают в меню пункт «Счетчик ГМ» согласно разделу 3 РЭ;

г) подвергают спектрометр облучению с заданной мощностью дозы гамма-излучения $\dot{H}_{oi}^*(10)$ и измеряют согласно разделу 3 РЭ мощность дозы гамма-излучения $\dot{H}_i^*(10)$ в i -й контрольной точке. Число измерений и статистическая погрешность каждого измерения должны соответствовать таблице 7.4. За результат измерения мощности дозы гамма-излучения в i -й контрольной точке принимают среднее арифметическое значение трех измерений $\bar{H}_i^*(10)$;

д) определяют в i -й контрольной точке значения доверительных границ основной относительной погрешности спектрометра Δ , %, с доверительной вероятностью 0,95 по формуле

$$\Delta_i = 1,1 \sqrt{\theta_{oi}^2 + \theta_{npi}^2}, \tag{7}$$

где θ_{oi} – погрешность дозиметрической установки в i -й контрольной точке, %, приведенная в свидетельстве о поверке на установку;

θ_{npi} – относительная погрешность результата измерения мощности дозы гамма-излучения в i -й контрольной точке, %, вычисляемая по формуле

$$\theta_{npi} = \frac{\bar{H}_i^*(10) - \dot{H}_{oi}^*(10)}{\dot{H}_{oi}^*(10)} \cdot 100. \tag{8}$$

Результаты поверки считают положительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения мощности дозы гамма-излучения для всех



контрольных точек не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности Δ , указанных в таблице 7.3.

8 Оформление результатов поверки

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

8.2 Положительные результаты поверки оформляют:

а) при выпуске спектрометра из производства:

– записью о поверке в разделе РЭ «Свидетельство о приемке», заверенной подписью и оттиском поверительного клейма;

– нанесением клейма-наклейки поверителя на заднюю панель спектрометра;

б) при эксплуатации и выпуске спектрометра после ремонта – нанесением клейма-наклейки и выдачей свидетельства о поверке по форме в соответствии с приложением Г ТКП 8.003-2011.

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 и свидетельство о поверке аннулируется.



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

Протокол поверки спектрометра МКГ-АТ1321 зав. № _____

ДАТА ПОВЕРКИ _____

ПОВЕРКА ПРОВОДИЛАСЬ _____
поверочный орган

Условия поверки:

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

Средства поверки

1 Внешний осмотр

документация _____

комплектность _____

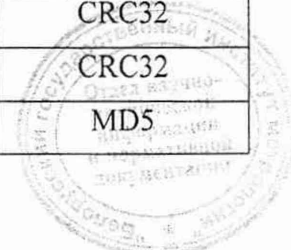
отсутствие механических повреждений _____

2 Опробование

самоконтроль _____

соответствие ПО _____

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
SPiRiD1	SPiRiD1.hex			CRC32
SPiRiD1SNM	SPiRiD1SNM.hex			CRC32
SpectEx	SpectEx.exe			MD5



3 Метрологические характеристики

3.1 Определение основной относительной погрешности характеристики преобразования и проверка диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения

Таблица А.1

Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения 20–3000 кэВ									
Радионуклид	¹³⁷ Cs		²⁴¹ Am	⁵⁷ Co	¹³⁹ Ce	¹¹³ Sn	⁵⁴ Mn	²² Na	²²⁸ Th
Энергия излучения E_{0i} , кэВ	32	662	59,5	122	166	392	835	1275	2614
Измеренное значение энергии E_i , кэВ									
$\Delta E_i = E_{0i} - E_i $, кэВ									
$\Delta E_{max} =$ _____ кэВ	ПХП (при поверке)= _____ %			ПХП (по ТУ) ≤ 1 %					

3.2 Определение относительного энергетического разрешения

Таблица А.2

Тип источника гамма-излучения	Измеренное значение относительного разрешения R , %	Значение относительного разрешения (по ТУ) R , %
ОСГИ-3, ¹³⁷ Cs, активность от 8 до 24 кБк		$R \leq 9,0$

3.3 Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения с энергией гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ¹³⁷Cs

Таблица А.3

Тип источника гамма-излучения	Положение центра ППП n , канал	Измеренное значение энергии E , кэВ	Границы ППП E_s, E_n , кэВ	Количество импульсов в ППП I_n , имп	Время набора спектра t_n , с	Количество импульсов фона, I_ϕ , имп	Время изменения фонового спектра t_ϕ , с	Эффективность регистрации в ППП ϵ , %	ϵ , % (по ТУ)
ОСГИ-3			$E_s =$ $E_n =$						$\geq 1,10$
$A_0 =$ Бк									



3.4 Определение основной относительной погрешности измерения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения

Таблица А.4

Мощность дозы в контрольной точке $\dot{H}_{oi}^*(10)$	Измеренное значение мощности дозы фона $\dot{H}_{fi}^*(10)$, мкЗв/ч	Измеренные значения мощности дозы $\dot{H}_i^*(10)$, мкЗв/ч			Среднее значение мощности дозы $\bar{\dot{H}}_i^*(10)$ мкЗв/ч	Относительная погрешность $\theta_{при}$, %	Доверительные границы основной относительной погрешности при поверке Δ , %	Пределы допускаемой основной относительной погрешности по ТУ Δ , %
		1	2	3				
детектор NaI(Tl)								
0,07 мкЗв/ч ¹⁾								±20
0,7 мкЗв/ч								
7,0 мкЗв/ч								
70,0 мкЗв/ч								
240 мкЗв/ч								
счетчик Гейгера-Мюллера								
70,0 мкЗв/ч								±20
0,7 мЗв/ч								
7,0 мЗв/ч								
70,0 мЗв/ч								
¹⁾ Измерения проводят только при первичной поверке.								

Выводы

Свидетельство № _____ от _____
(заключение о непригодности)

Поверку провел _____ (_____)



Лист регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в докум.	№ документа	Входящий № сопроводительного документа и дата	Подп.	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных					
2		2, 3, 5-16	17			ТИАЯ.87-2013		<i>СВ</i>	10.01.14
3		5-7, 9, 14, 16				ТИАЯ.51-2016		<i>СВ</i>	22.06.16
4		3-5, 7, 10, 14, 16				ТИАЯ.78-2017		<i>СВ</i>	05.10.17
5		10, 15				ТИАЯ.159-2017		<i>СВ</i>	05.12.17

