

СОГЛАСОВАНО

Директор УП «АТОМТЕХ»

В.А.Кожемякин

2023



М.В.Жураў

Начальник научно-исследовательского
Центра испытаний средств измерений

г. Минск, БелГИМ

Ю.В.Козак

«27» 09 2023

Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь

СПЕКТРОМЕТРЫ МКС-АТ1120М

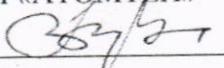
Методика поверки

МРБ МП.3598-2023

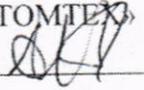
Листов 21

Разработчик:

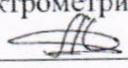
Главный метролог – начальник отдела
радиационной метрологии
УП «АТОМТЕХ»

 В.Д.Гузов
«14» 09 2023

Начальник сектора ядерной электроники
УП «АТОМТЕХ»

 А.В.Антонов
«14» 09 2023

Ведущий инженер сектора радиометрии и
спектрометрии УП «АТОМТЕХ»

 А.О.Ничипорчук
«14» 09 2023

Шв. n 15166



Верно

Директор

09.10.2023

В.А.Кожемякин

Содержание

1	Нормативные ссылки.....	3
2	Операции поверки.....	4
3	Средства поверки.....	5
4	Требования к квалификации поверителей.....	5
5	Требования безопасности.....	5
6	Условия поверки.....	6
7	Подготовка к поверке.....	6
8	Проведение поверки.....	6
9	Оформление результатов поверки.....	14
	Приложение А (рекомендуемое) Обязательные метрологические требования.....	15
	Приложение Б (рекомендуемое) Форма протокола поверки.....	16
	Библиография.....	20

Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на спектрометры МКС-АТ1120М, МКС-АТ1120МА, МКС-АТ1120МЕ (далее – спектрометры), изготовленные по ТУ ВУ 100865348.041-2022, производства УП «АТОМТЕХ», и устанавливает методы и средства первичной и последующих поверок.

Настоящая МП разработана в соответствии с [1], [2], СТБ 8065 и СТБ 8067.

Обязательные метрологические требования, предъявляемые к спектрометрам, приведены в приложении А.

1 Нормативные ссылки

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 8065-2016 Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Дозиметры и измерители мощности дозы фотонного излучения. Методика поверки;

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

СТБ 8083-2020 Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Государственная поверочная схема для средств измерений кермы в воздухе, мощности кермы в воздухе, амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы рентгеновского и гамма-излучений;

ГОСТ 8.087-2000 Государственная система обеспечения единства измерений. Установки дозиметрические рентгеновского и гамма-излучений эталонные. Методика поверки по мощности экспозиционной дозы и мощности кермы в воздухе;

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

ГОСТ 427-75 Линейки измерительные металлические. Технические условия;

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 ТНПА на официальном сайте Национального фонда технических нормативных правовых актов в глобальной компьютерной сети Интернет. Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящей МП следует руководствоваться действующими взамен ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

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 поверке	последующей поверке
1 Внешний осмотр	8.1	Да	Да
2 Опробование	8.2	Да	Да
3 Определение метрологических характеристик			
3.1 Определение основной относительной погрешности характеристики преобразования и проверка диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения	8.3.1	Да	Да
3.2 Определение относительного энергетического разрешения для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs	8.3.2	Да	Да
3.3 Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs	8.3.3	Да	Да
3.4 Определение основной относительной погрешности при измерении мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения	8.3.4	Да	Да
4 Оформление результатов поверки	9	Да	Да

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 и (или) на меньшем числе поддиапазонов измерений (поверка в сокращенном объеме) с обязательной передачей информации об объеме проведенной поверки в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с [3].

3 Средства поверки

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

Таблица 3.1

Номер пункта МП	Наименование и тип (условное обозначение) эталонов и вспомогательных средств поверки, их метрологические и основные технические характеристики
6.1	Термогигрометр ИВА-6Н-Д, диапазон измерений температуры от минус 20 °С до плюс 60 °С, пределы абсолютной погрешности $\pm 0,3$ °С; пределы допускаемой основной абсолютной погрешности ± 2 % в диапазоне измерений относительной влажности от 0 % до 90 %, ± 3 % в диапазоне от 90 % до 98 %; диапазон измерений атмосферного давления от 700 до 1100 гПа, пределы абсолютной погрешности $\pm 2,5$ гПа
6.1	Дозиметр ДКГ-АТ2140, диапазон измерений мощности амбиентного эквивалента дозы от 0,1 мкЗв/ч до 10 мЗв/ч, пределы допускаемой основной относительной погрешности ± 15 %
8.1	Визуально
8.2	—
8.3.1-8.3.3	Источники фотонного излучения радионуклидные закрытые спектрометрические эталонные ОСГИ-3, активность от 5 до 180 кБк, диапазон энергий от 32 до 2614 кэВ, пределы относительной погрешности ± 6 %
8.3.4	Установка дозиметрическая гамма-излучения эталонная по ГОСТ 8.087 – рабочий эталон 1-го или 2-го разряда по СТБ 8083, диапазон измерений мощности амбиентного эквивалента дозы от 0,025 мкЗв/ч до 100 мЗв/ч, доверительные границы относительной погрешности ($P=0,95$) ± 7 %
8.3.4	Линейка измерительная металлическая по ГОСТ 427, диапазон измерений от 0 до 300 мм, погрешность не более 0,5 мм
Примечания	
1 Допускается применение других средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик спектрометров с требуемой точностью.	
2 Все средства поверки должны иметь действующие знаки поверки (калибровки) и (или) свидетельства о поверке (калибровке).	

4 Требования к квалификации поверителей

4.1 К проведению измерений при поверке и (или) обработке результатов измерений допускают лиц, имеющих необходимую квалификацию в области обеспечения единства измерений.

5 Требования безопасности

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

- правила технической эксплуатации электроустановок потребителей по ТКП 181;
- требования безопасности, установленные ГОСТ ИЕС 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, утвержденные руководителем организации;

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

5.2 Процесс проведения поверки должен быть отнесен к работам во вредных условиях труда.

6 Условия поверки

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 80 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа;
- фон гамма-излучения не более 0,20 мкЗв/ч.

6.2 В помещении, где проводится поверка, не должно быть посторонних источников ионизирующего излучения.

6.3 Поверка спектрометра должна осуществляться при полностью заряженном блоке аккумуляторов, встроенном в БОИ5.

7 Подготовка к поверке

7.1 При подготовке к поверке необходимо:

- выдержать спектрометр в упаковке в нормальных условиях в течение 2 ч;
- распаковать спектрометр и расположить на рабочем месте;
- подготовить спектрометр к использованию в соответствии с эксплуатационной документацией на него (руководством по эксплуатации (далее – РЭ) и руководством оператора на программу «RaMoS» (далее – РО)).

7.2 Подготовка к поверке средств поверки осуществляется в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

8 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- соответствие комплектности поверяемого спектрометра, приведенной в РЭ, в объеме, необходимом для поверки;
- отсутствие на составных частях спектрометра следов коррозии, загрязнений, механических повреждений, влияющих на его работу;
- наличие маркировки на составных частях спектрометра (блоке детектирования гамма-излучения (далее – БД) и блоке обработки информации 5 (далее – БОИ5));
- наличие свидетельства о предыдущей поверке (при наличии и необходимости);
- целостность пломб на составных частях спектрометра (БД и БОИ5);

8.1.2 Результат операции поверки считают положительным, если спектрометр соответствует всем требованиям 8.1.1.

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

8.2 Опробование

8.2.1 При опробовании необходимо проверить:

- функционирование и работоспособность спектрометра;
- идентификацию программного обеспечения (далее – ПО).

8.2.2 Для проверки функционирования и работоспособности включают спектрометр в соответствии с РЭ (2.2.2). После запуска программы автоматически должен обнаружиться подключенный БД и должно установиться соединение БД с БОИ5. В процессе установления соединения осуществляется самоконтроль основных узлов, после завершения которого должен начаться процесс инициализации.

8.2.3 Идентификацию ПО проводят проверкой идентификационных данных прикладного ПО, а также подтверждением защиты встроенного ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений.

Проверка идентификационных данных прикладного ПО состоит из проверки идентификационного наименования и номера версии.

Идентификационное наименование и номер версии прикладного ПО отображается на экране БОИ5 при выборе в главном меню режима «Настройки» и далее функции «О программе». Сравнивают идентификационное наименование и номер версии прикладного ПО со значениями, приведенными в разделе «Свидетельство о приемке» РЭ.

Подтверждением защиты встроенного ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений является целостность пломб на составных частях спектрометра (БД и БОИ5).

Идентификационные данные прикладного ПО приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	RaMoS
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.x.y*
* x, y – составная часть номера версии ПО (метрологически незначимая изменяемая часть), x=[0...99], y=[0...99].	
Примечание – Идентификационные данные прикладного ПО заносят в раздел «Свидетельство о приемке» РЭ и в протокол поверки.	

8.2.4 Результат операции поверки считают положительным, если установилось соединение между БД и БОИ5, не нарушена целостность пломб на БД и БОИ5, а идентификационные данные прикладного ПО соответствуют значениям, приведенным в разделе «Свидетельство о приемке» РЭ.

8.2.5 По результатам опробования делают отметку в протоколе поверки (приложение Б).

8.3 Определение метрологических характеристик

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

Определение основной относительной погрешности характеристики преобразования и проверку диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения, в котором измеряется энергетическое распределение, проводят в следующей последовательности:

- включают спектрометр и проводят стабилизацию в соответствии с разделом 2 РЭ;
- переводят спектрометр в режим «Спектрометрический»;
- устанавливают поочередно эталонные спектрометрические закрытые радионуклидные источники фотонного излучения типа ОСГИ-3 (далее – источники типа ОСГИ) на основе радионуклидов, указанных в таблице 8.2, напротив боковой поверхности корпуса БД симметрично относительно метки (для БДКГ-11М, БДКГ-05М) или риски (для БДКГ-05С), обозначающей проекцию геометрического центра детектора;

Таблица 8.2

Номер точки поверки i	Радионуклид	Энергия гамма-излучения E_{oi} , кэВ
1	^{137}Cs	32
2	^{137}Cs	662
3	^{241}Am	60
4	^{57}Co	122
5	^{139}Ce	166
6	^{113}Sn	392
7	^{54}Mn	835
8	^{22}Na	1275
9	^{88}Y	1836
10	^{228}Th	2614

г) запускают набор спектра от источника типа ОСГИ, соответствующего i -й точке поверки. Наблюдают измеряемый аппаратный спектр, представляющий собой зависимость количества зарегистрированных импульсов (ось ординат) от номера канала (ось абсцисс). Номеру канала соответствует значение энергии регистрируемого гамма-излучения (характеристика преобразования). На экране БОИ5 в области «Выбранный канал» отображается информация о позиции подвижного маркера, а именно: номер канала, энергия гамма-излучения, соответствующая каналу, и количество зарегистрированных импульсов в канале;

д) считывают значение интегральной скорости счета импульсов от источника типа ОСГИ. Интегральная скорость счета импульсов отображается на экране БОИ5 в области отображения информации о спектре (область «5» в соответствии с РО (4.5.6)) и должна иметь значение в диапазоне от 250 до 10000 с^{-1} .

Примечание – Если это условие не выполняется, то изменяют расстояние между источником типа ОСГИ и БД и повторяют операции по 8.3.1 (г-д);

е) выделяют энергетическое окно, включающее область пика полного поглощения (ППП) с энергией гамма-излучения E_{oi} , в соответствии с разделом 4 РО;

ж) останавливают набор спектра при достижении интегрального количества зарегистрированных импульсов в ППП не менее 10000. Интегральное количество зарегистрированных импульсов в выделенном энергетическом окне отображается на экране БОИ5 в области отображения информации о спектре (область «5» в соответствии с РО (4.5.6));

и) устанавливают подвижный маркер в область ППП с энергией гамма-излучения E_{oi} , определяют положение центра ППП n_i и значение энергии гамма-излучения E_i , кэВ, соответствующей центру ППП, в соответствии с разделом 4 РО;

к) определяют основную относительную погрешность характеристики преобразования $ПХП$, %, по формуле

$$ПХП = \frac{\Delta E_{\max}}{E_{\max}} \cdot 100, \quad (8.1)$$

где ΔE_{\max} – максимальное значение разностей энергий гамма-излучения, кэВ, рассчитанных по формуле

$$\Delta E_i = |E_{oi} - E_i|, \quad (8.2)$$

E_{\max} – значение верхней границы диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения, равное 3000 кэВ.

Результат операции поверки считают положительным, если основная относительная погрешность характеристики преобразования не превышает ± 1 %.

Результаты измерений заносят в протокол поверки (таблица Б.3.1, приложение Б).

8.3.2 Определение относительного энергетического разрешения для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs

Определение относительного энергетического разрешения для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs проводят в следующей последовательности:

а) включают спектрометр;
 б) проводят стабилизацию;
 в) переводят спектрометр в режим «Спектрометрический»;
 г) устанавливают и фиксируют источник типа ОСГИ на основе радионуклида ^{137}Cs активностью от 8 до 12 кБк вплотную к боковой поверхности корпуса БД, при этом центр активной части источника типа ОСГИ должен находиться симметрично относительно метки (для БДКГ-11М, БДКГ-05М) или риски (для БДКГ-05С), обозначающей проекцию геометрического центра детектора;

д) запускают набор спектра;
 е) выделяют энергетическое окно, включающее область ППП с энергией гамма-излучения 662 кэВ, в соответствии с разделом 4 РО;

ж) останавливают набор спектра при достижении интегрального количества зарегистрированных импульсов в ППП с энергией гамма-излучения 662 кэВ не менее 20000. Интегральное количество зарегистрированных импульсов в выделенном энергетическом окне отображается на экране БОИ5 в области отображения информации о спектре (область «5» в соответствии с РО (4.5.6));

и) устанавливают подвижный маркер в область ППП с энергией гамма-излучения 662 кэВ и определяют относительное энергетическое разрешение R , %, в соответствии с разделом 2 РЭ.

Результат операции поверки считают положительным, если относительное энергетическое разрешение для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs не превышает:

- 8,5 % для спектрометров МКС-АТ1120М, МКС-АТ1120МА;
- 3,7 % для спектрометра МКС-АТ1120МЕ.

Результаты измерений заносят в протокол поверки (таблица Б.3.2, приложение Б).

8.3.3 Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs

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

- а) включают спектрометр;
- б) проводят стабилизацию;
- в) переводят спектрометр в режим «Спектрометрический»;
- г) устанавливают и фиксируют источник типа ОСГИ на основе радионуклида ^{137}Cs активностью от 8 до 12 кБк вплотную к боковой поверхности корпуса БД, при этом центр активной части источника типа ОСГИ должен находиться симметрично относительно метки (для БДКГ-11М, БДКГ-05М) или риски (для БДКГ-05С), обозначающей проекцию геометрического центра детектора;

- д) запускают набор спектра;
- е) останавливают набор спектра при достижении времени набора не менее 200 с;
- ж) устанавливают подвижный маркер в область ППП с энергией гамма-излучения 662 кэВ, определяют значение энергии гамма-излучения E , кэВ, соответствующей центру ППП, и относительное энергетическое разрешение R , %, в соответствии с разделом 4 РО;
- и) определяют левую E_L , кэВ, и правую E_H , кэВ, границы ППП по формулам

$$E_L = E - 0,015 \cdot E \cdot R, \quad (8.3)$$

$$E_H = E + 0,015 \cdot E \cdot R; \quad (8.4)$$

- к) устанавливают подвижный и неподвижный маркеры в позиции, соответствующие значениям энергий E_L , E_H , и выделяют энергетическое окно $[E_L, E_H]$ в соответствии с разделом 4 РО;

- л) считывают с экрана БОИ5 измеренную скорость счета импульсов N , с^{-1} , в выделенном энергетическом окне $[E_L, E_H]$ (область «5» в соответствии с РО (4.5.6));

- м) удаляют источник типа ОСГИ с БД;

- н) запускают набор фонового спектра;

- п) останавливают набор фонового спектра при достижении времени набора не менее 200 с;

- р) устанавливают подвижный и неподвижный маркеры в позиции, соответствующие значениям энергий E_L и E_H , и выделяют энергетическое окно $[E_L, E_H]$ в соответствии с разделом 4 РО;

- с) считывают с экрана БОИ5 измеренную скорость счета фоновых импульсов N_ϕ , с^{-1} , в выделенном энергетическом окне $[E_L, E_H]$;

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

$$\varepsilon = \frac{N - N_{\phi}}{A_0 \cdot \eta \cdot e^{\frac{0,693 \cdot t}{T_{1/2}}}} \cdot 100, \quad (8.5)$$

где A_0 – активность источника типа ОСГИ с радионуклидом ^{137}Cs на дату его поверки (из свидетельства о поверке), Бк;

η – квантовый выход для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs , фотон/распад, равный 0,851;

t – время, прошедшее от даты поверки источника типа ОСГИ до даты измерения, сут;

$T_{1/2}$ – период полураспада радионуклида ^{137}Cs , сут, равный 10976.

Результат операции поверки считают положительным, если эффективность регистрации в ППП для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs не менее:

– 5,6 % для спектрометра МКС-АТ1120М;

– 2,5 % для спектрометров МКС-АТ1120МА, МКС-АТ1120МЕ.

Результаты измерений заносят в протокол поверки (таблица Б.3.3, приложение Б).

8.3.4 Определение основной относительной погрешности при измерении мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения

8.3.4.1 Определение основной относительной погрешности БД из состава спектрометра при измерении мощности амбиентного эквивалента дозы (далее – мощность дозы) гамма-излучения проводят на эталонной дозиметрической установке гамма-излучения с набором источников гамма-излучения на основе радионуклида ^{137}Cs в точках поверки в соответствии с таблицей 8.3 в следующей последовательности:

Таблица 8.3

Номер точки поверки i	Мощность дозы гамма-излучения $\dot{H}_{oi}^*(10)$, мкЗв/ч	Измерение фона $\dot{H}_{\phi i}^*(10)$		Измерение мощности дозы гамма-излучения $\dot{H}_i^*(10)$	
		Количество измерений	Статистическая погрешность, %, не более	Количество измерений	Статистическая погрешность, %, не более
1*	0,07	1	5	3	3
2	0,7	1	5	3	3
3	7,0	1	5	3	3
4	70,0	–	–	3	3
5**	130,0	–	–	3	3
6***	240,0	–	–	3	3

* Проверку выполняют только при первичной поверке.
 ** Проверку выполняют только для спектрометра МКС-АТ1120М.
 *** Проверку выполняют только для спектрометров МКС-АТ1120МА и МКС-АТ1120МЕ.

Примечание – В точках поверки 4–6 значением фона можно пренебречь.

а) включают спектрометр;
 б) проводят стабилизацию;
 в) переводят спектрометр в режим «Измерение»;
 г) устанавливают БД из состава спектрометра на эталонную дозиметрическую установку гамма-излучения таким образом, чтобы центральная ось пучка излучения установки проходила через метку (БДКГ-11М, БДКГ-05М) или риску (БДКГ-05С), расположенную на боковой поверхности корпуса БД и обозначающую проекцию геометрического центра детектора;

д) устанавливают БД из состава спектрометра в i -ю точку поверки на расстоянии r_i , мм, от центра источника излучения до боковой поверхности корпуса БД, при этом:

- $r_i = r_{oi} - 33$ мм для БДКГ-11М (МКС-АТ1120М);
- $r_i = r_{oi} - 21$ мм для БДКГ-05М (МКС-АТ1120МА);
- $r_i = r_{oi} - 28$ мм для БДКГ-05С (МКС-АТ1120МЕ),

где r_{oi} – расстояние, соответствующее действительному значению мощности дозы гамма-излучения $\dot{H}_{oi}^*(10)$ в i -й точке поверки, мм;

е) измеряют мощность дозы фонового гамма-излучения (фон) $\dot{H}_{\phi i}^*(10)$ в i -й точке поверки;

ж) подвергают БД из состава спектрометра воздействию излучения с заданной мощностью дозы гамма-излучения $\dot{H}_{oi}^*(10)$ и измеряют мощность дозы гамма-излучения $\dot{H}_i^*(10)$ в i -й точке поверки. Рассчитывают среднее арифметическое измеренных значений $\bar{\dot{H}}_i^*(10)$;

и) определяют для i -й точки поверки доверительные границы основной относительной погрешности Δ_i (без учета знака), %, при доверительной вероятности 0,95 по формуле

$$\Delta_i = 1,1 \sqrt{\theta_{oi}^2 + \theta_{\phi i}^2}, \quad (8.6)$$

где θ_{oi} – относительная погрешность эталонной дозиметрической установки гамма-излучения в i -й точке поверки (из свидетельства о поверке), %;

$\theta_{\phi i}$ – относительная погрешность измерения мощности дозы гамма-излучения в i -й точке поверки, %, вычисляемая по формуле

$$\theta_{\phi i} = \frac{\bar{\dot{H}}_i^*(10) - \dot{H}_{\phi i}^*(10) - \dot{H}_{oi}^*(10)}{\dot{H}_{oi}^*(10)} \cdot 100. \quad (8.7)$$

Примечание – Для точек поверки 4-6 $\dot{H}_{\phi i}^*(10)$ принимают равным нулю.

Результат операции поверки считают положительным, если значения границ основной относительной погрешности Δ_i для всех точек поверки находятся в пределах ± 20 %.

Результаты измерений заносят в протокол поверки (таблица Б.3.4, приложение Б).

8.3.4.2 Определение основной относительной погрешности БОИ5 из состава спектрометра при измерении мощности дозы гамма-излучения проводят на эталонной дозиметрической установке гамма-излучения с набором источников гамма-излучения на основе радионуклида ^{137}Cs в точках поверки в соответствии с таблицей 8.4 в следующей последовательности:

Таблица 8.4

Номер точки поверки i	Мощность дозы гамма-излучения $\dot{H}_{oi}^*(10)$, мЗв/ч	Измерение мощности дозы гамма-излучения $\dot{H}_i^*(10)$	
		Количество измерений	Статистическая погрешность, %, не более
1	0,07	3	3
2	0,7	3	2
3	7,0	3	2
4	70,0	3	2

а) включают спектрометр и отсоединяют БД от БОИ5;

б) устанавливают БОИ5 на эталонную дозиметрическую установку гамма-излучения таким образом, чтобы центральная ось пучка излучения установки была перпендикулярна задней стенке корпуса БОИ5 с нанесенной на ней меткой, обозначающей проекцию геометрического центра детектора (счетчика Гейгера-Мюллера), и проходила через эту метку;

в) устанавливают БОИ5 в i -ю точку поверки на расстоянии r_i , мм, от центра источника излучения до метки на задней стенке корпуса БОИ5, обозначающей проекцию геометрического центра детектора (счетчика Гейгера-Мюллера), равном $r_i = r_{oi} - 12$ мм, где r_{oi} – расстояние, соответствующее действительному значению мощности дозы $\dot{H}_{oi}^*(10)$ в i -й точке поверки, мм;

г) подвергают БОИ5 воздействию излучения с заданной мощностью дозы гамма-излучения $\dot{H}_{oi}^*(10)$ и измеряют мощность дозы гамма-излучения $\dot{H}_i^*(10)$ в i -й точке поверки. Рассчитывают среднее арифметическое измеренных значений $\bar{\dot{H}}_i^*(10)$;

д) определяют для i -й точки поверки доверительные границы основной относительной погрешности Δ_i (без учета знака), %, при доверительной вероятности 0,95 по формуле (8.6), где θ_{pri} – относительная погрешность при измерении мощности дозы гамма-излучения в i -й точке поверки, %, вычисляемая по формуле

$$\theta_{pri} = \frac{\bar{\dot{H}}_i^*(10) - \dot{H}_{oi}^*(10)}{\dot{H}_{oi}^*(10)} \cdot 100. \quad (8.8)$$

Результат операции поверки считают положительным, если значения границ основной относительной погрешности Δ_i для всех точек поверки находятся в пределах ± 20 %.

Результаты измерений заносят в протокол поверки (таблица Б.3.5, приложение Б).

9 Оформление результатов поверки

9.1 Результаты поверки заносят в протокол поверки, форма которого приведена в приложении Б.

9.2 При положительных результатах первичной поверки спектрометра:

– наносят знаки поверки на заднюю стенку корпуса БОИ5 и на торцевую поверхность корпуса БД;

– делают запись в разделе «Свидетельство о приемке» РЭ с указанием даты проведения поверки, заверенной подписью и знаком поверки в виде оттиска.

9.3 При положительных результатах последующей поверки спектрометра наносят знаки поверки на заднюю стенку корпуса БОИ5 и на торцевую поверхность корпуса БД и (или) выдают свидетельство о поверке по форме, установленной в [2].

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

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

Приложение А
(рекомендуемое)
Обязательные метрологические требования

Таблица А.1

Наименование	Значение
Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения, в котором измеряется энергетическое распределение, кэВ	от 20 до 3000
Пределы допускаемой основной относительной погрешности характеристики преобразования, %	± 1
Относительное энергетическое разрешение для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs , %, не более:	
МКС-АТ1120М, МКС-АТ1120МА	8,5
МКС-АТ1120МЕ	3,7
Эффективность регистрации в пике полного поглощения для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs источника типа ОСГИ-3, %, не менее:	
МКС-АТ1120М	5,6
МКС-АТ1120МА, МКС-АТ1120МЕ	2,5
Диапазон измерений мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения, мкЗв/ч:	
БОИС из состава спектрометров	от 1 до 100000
МКС-АТ1120М с БДКГ-11М	от 0,03 до 150
	Поддиапазоны измерений:
	от 0,03 до 0,4 от 0,4 до 150
МКС-АТ1120МА с БДКГ-05М	от 0,03 до 300
	Поддиапазоны измерений:
	от 0,03 до 0,4 от 0,4 до 300
МКС-АТ1120МЕ с БДКГ-05С	от 0,03 до 300
	Поддиапазоны измерений:
	от 0,03 до 0,4 от 0,4 до 300
Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения, %	± 20

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

наименование организации, проводящей поверку _____

Протокол № _____
поверки спектрометра МКС-АТ1120М _____ зав. № _____

принадлежащего _____
наименование организации _____

ИЗГОТОВИТЕЛЬ _____ **УП «АТОМТЕХ»** _____

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ _____
год, месяц, число

ПОВЕРКА ПРОВОДИТСЯ ПО _____
документ, по которому проводится поверка

Условия поверки:

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

Средства поверки: _____

Результаты поверки:

Б.1 Внешний осмотр _____
соответствует/не соответствует

Б.2 Опробование _____
соответствует/не соответствует

Таблица Б.2.1

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	RaMoS
Номер версии (идентификационный номер) ПО	

Б.3 Определение метрологических характеристик

Б.3.1 Проверка диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения, в котором измеряется энергетическое распределение, и определение основной относительной погрешности характеристики преобразования

Таблица Б.3.1

Номер точки поверки i	Радионуклид	Энергия гамма-излучения E_{oi} , кэВ	Измеренное значение энергии гамма-излучения E_i , кэВ	$\Delta E_i = E_{oi} - E_i $, кэВ
1	^{137}Cs	32		
2	^{137}Cs	662		
3	^{241}Am	60		
4	^{57}Co	122		
5	^{139}Ce	166		
6	^{113}Sn	392		
7	^{54}Mn	835		
8	^{22}Na	1275		
9	^{88}Y	1836		
10	^{228}Th	2614		
$\Delta E_{\max} =$ кэВ		$E_{\max} = 3000$ кэВ	ПХП (при поверке) = %	ПХП $\leq \pm 1$ %

Б.3.2 Определение относительного энергетического разрешения для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs

Таблица Б.3.2

Тип источника гамма-излучения	Измеренное значение относительного энергетического разрешения $R_{\text{изм}}$, %	Допускаемое относительное энергетическое разрешение R , %
ОСГИ-3, ^{137}Cs , активность от 8 до 12 кБк		8,5* 3,7**
* Для спектрометров МКС-АТ1120М, МКС-АТ1120МА. ** Для спектрометра МКС-АТ1120МЕ.		

Б.3.3 Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs

Таблица Б.3.3

Тип источника гамма-излучения	Положение центра ППП n , канал	Измеренное значение энергии гамма-излучения E , кэВ	Границы ППП E_d , кэВ E_n , кэВ	Скорость счета импульсов в ППП N , с^{-1}	Рассчитанное значение эффективности регистрации в ППП ε , %	Эффективность регистрации в ППП ε , %, не менее
ОСГИ-3 $A_o =$ Бк			$E_d =$ $E_n =$			5,6* 2,5**

* Для спектрометра МКС-АТ1120М.
** Для спектрометров МКС-АТ1120МА, МКС-АТ1120МЕ.

Б.3.4 Определение основной относительной погрешности БД из состава спектрометра при измерении мощности дозы гамма-излучения

Таблица Б.3.4

Мощность дозы гамма-излучения в точке поверки $\dot{H}_{oi}^*(10)$, мкЗв/ч	Измеренное значение фона $\dot{H}_{fi}^*(10)$, мкЗв/ч	Измерение мощности дозы гамма-излучения		Относительная погрешность $\theta_{гр}$, %	Доверительные границы основной относительной погрешности Δ_i , %	Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %
		Измеренные значение $\dot{H}_i^*(10)$, мкЗв/ч	Среднее арифметическое измеренных значений $\bar{\dot{H}}_i^*(10)$, мкЗв/ч			
0,07*						±20
0,7						
7,0						
70,0	—					
130,0**	—					
240,0***	—					

* Проверку выполняют только при первичной поверке.
** Проверку выполняют только для спектрометра МКС-АТ1120М.
*** Проверку выполняют только для спектрометров МКС-АТ1120МА и МКС-АТ1120МЕ.

Б.3.5 Определение основной относительной погрешности БОИ5 из состава спектрометра при измерении мощности дозы гамма-излучения

Таблица Б.3.5

Мощность дозы гамма-излучения в точке поверки $\dot{H}_{oi}^*(10)$, мЗв/ч	Измерение мощности дозы гамма-излучения		Относительная погрешность $\theta_{гр}$, %	Доверительные границы основной относительной погрешности Δ_i , %	Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %
	Измеренные значения $\dot{H}_i^*(10)$, мЗв/ч	Среднее арифметическое измеренных значений $\bar{\dot{H}}_i^*(10)$, мЗв/ч			
0,07					±20
0,7					
7,0					
70,0					

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Свидетельство о государственной поверке № _____

(Заключение о непригодности)

Поверитель

подпись

инициалы, фамилия

Библиография

- [1] Правила осуществления метрологической оценки для утверждения типа средств измерений и стандартных образцов.
Утверждены постановлением Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 20 апреля 2021 г. № 38
- [2] Правила осуществления метрологической оценки в виде работ по государственной поверке средств измерений.
Утверждены постановлением Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 24 апреля 2021 г. № 40
- [3] Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке.
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

Лист регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в документе	№ документа	Входящий № сопроводительного документа и дата	Подпись	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных					