

СОГЛАСОВАНО



Директор УП «АТОМТЕХ»

В.А.Кожемякин

2020

УТВЕРЖДАЮ



Директор БелГИМ

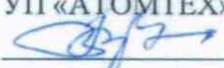
В.Л.Гуревич

2020


Извещение ТИАЯ.40-2020 об изменении №1
МРБ МП.1892-2019

РАЗРАБОТЧИК

Главный метролог – начальник отдела
радиационной метрологии
УП «АТОМТЕХ»

 В.Д.Гузов
« 17 » 03 2020

Начальник лаборатории программно-
вычислительных и микропроцессорных
средств УП «АТОМТЕХ»

 С.Н.Тищенко
« 17 » 03 2020

Зам. начальника сектора радиометрии
и спектрометрии УП «АТОМТЕХ»

 А.Н.Толкачёв
« 14 » 03 2020

УП «АТОМТЕХ»		ИЗВЕЩЕНИЕ		Обозначение			
БНТД		ТИАЯ.40-2020		МРБ МП.1892-2019			
ДАТА ВЫПУСКА		СРОК ИЗМЕНЕНИЯ				Лист	Листов
						2	2
ПРИЧИНА		Устранение ошибок				Код	7
УКАЗАНИЕ О ЗАДЕЛЕ		Задела нет					
УКАЗАНИЕ О ВНЕДРЕНИИ		—					
ПРИМЕНЯЕМОСТЬ		ТИАЯ.412155.001, ТИАЯ.412155.007, ТИАЯ.412155.014					
РАЗОСЛАТЬ		По данным БНТД					
ПРИЛОЖЕНИЕ		На 30 листах					
ИЗМ.	СОДЕРЖАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ						
1	<p>Листы 2-30 заменить. Лист 31 ввести вновь.</p>						
				Согл.			
Составил	Ковыш	<i>[Signature]</i>	17.03.20	Согл.	Толкачёв	<i>[Signature]</i>	18.03.20
Проверил	Тищенко	<i>[Signature]</i>	17.03.20	Н. контр.	Мананкова	<i>[Signature]</i>	18.03.20
Т. контр.				Утвердил	Маевский	<i>[Signature]</i>	17.03.20
Изменение внес							



СОГЛАСОВАНО



Директор УП «АТОМТЕХ»

[Signature] В.А.Кожемякин

_____ 2019

УТВЕРЖДАЮ



Директор БелГИМ

[Signature] В.Л.Гуревич

_____ 2019

Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь

СПЕКТРОМЕТРЫ МКС-АТ6102

Методика поверки

МРБ МП.1892-2019

(Взамен МРБ МП.1892 -2009)

РАЗРАБОТЧИК

Главный метролог – начальник отдела
радиационной метрологии
УП «АТОМТЕХ»

[Signature] В.Д.Гузов
« 23 » 08 2019

Начальник лаборатории программно-
вычислительных и микропроцессорных
средств УП «АТОМТЕХ»

[Signature] С.Н. Тищенко
« 12 » 08 2019

Зам. начальника сектора радиометрии
и спектрометрии УП «АТОМТЕХ»

[Signature] А.Н. Толкачёв
« 14 » августа 2019

Шмб. N 15136

Содержание

1	Нормативные ссылки.....	3
2	Операции поверки.....	4
3	Средства поверки.....	5
4	Требования к квалификации поверителей.....	6
5	Требования безопасности.....	6
6	Условия поверки и подготовка к ней.....	7
7	Проведение поверки.....	7
8	Оформление результатов поверки.....	22
	Приложение А (рекомендуемое) Форма протокола поверки.....	23
	Библиография.....	30



Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на спектрометры МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А, МКС-АТ6102В (далее – спектрометры) и устанавливает методы и средства поверки.

Настоящая МП разработана в соответствии с ТКП 8.003, СТБ 8065, СТБ 8067, ГОСТ 8.040, ГОСТ 8.041, ГОСТ 8.355, ГОСТ 26874.

Первичной поверке подлежат спектрометры утвержденного типа при выпуске из производства.

Периодической поверке подлежат спектрометры, находящиеся в эксплуатации или на хранении, через установленный межповерочный интервал.

Межповерочный интервал – 12 мес.

Внеочередной поверке до окончания срока действия периодической поверки подлежат спектрометры после ремонта. Внеочередная поверка после ремонта проводится в объеме, установленном для первичной поверки.

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

1 Нормативные ссылки

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

ТКП 8.003-2011 (03220) Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Поверка средств измерений. Правила проведения работ

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

ГОСТ 8.031-82 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений потока и плотности потока нейтронов

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 8.040-84 Государственная система обеспечения единства измерений. Радиометры загрязненности поверхностей бета-активными веществами. Методика поверки

ГОСТ 8.041-84 Государственная система обеспечения единства измерений. Радиометры загрязненности поверхностей альфа-активными веществами. Методика поверки

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 8.355-79 Государственная система обеспечения единства измерений. Радиометры нейтронов. Методы и средства поверки

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

ГОСТ 427-75 Линейки измерительные металлические. Технические условия



ГОСТ 26874-84 Спектрометры энергий ионизирующих излучений. Методы измерения основных параметров

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

Примечание – При использовании настоящей МП целесообразно проверить действие ТНПА по каталогу, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при использовании 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.

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	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 для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs	7.3.3	Да	Да
3.4 Определение основной относительной погрешности при измерении мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения	7.3.4	Да	Да
3.5 Определение основной относительной погрешности при измерении плотности потока альфа-частиц	7.3.5	Да	Да
3.6 Определение основной относительной погрешности при измерении плотности потока бета-частиц	7.3.6	Да	Да
3.7 Определение скорости счета импульсов фоновое нейтронное излучение спектрометра МКС-АТ6102	7.3.7	Да	Да



Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
3.8 Определение чувствительности спектрометра МКС-АТ6102 к нейтронному излучению плутоний-бериллиевого источника	7.3.8	Да	Да
3.9 Определение основной относительной погрешности при измерении мощности амбиентного эквивалента дозы нейтронного излучения	7.3.9	Да	Да
4 Оформление результатов поверки	8	Да	Да
Примечание – При получении отрицательного результата при проведении той или иной операции дальнейшая поверка должна быть прекращена.			

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, обозначение ТНПА
7.1	–
7.2	–
7.3.1 – 7.3.3	Эталонные спектрометрические источники гамма-излучения типа ОСГИ-3, активность от 3 до 180 кБк, погрешность не более $\pm 6\%$
7.3.4	Установка дозиметрическая гамма-излучения эталонная по ГОСТ 8.087 с набором источников ^{137}Cs , диапазон измерений мощности амбиентного эквивалента дозы от 0,07 мкЗв/ч до 70,0 мЗв/ч, доверительные границы относительной погрешности ($P=0,95$) не более $\pm 7\%$
7.3.5	Эталонные 2-го разряда по ГОСТ 8.033 источники альфа-излучения с радионуклидом ^{239}Pu типов 4П9 и 5П9, активность от 25 до $4 \cdot 10^5$ Бк, плотность потока от 0,5 до 10^5 мин $^{-1}$ ·см $^{-2}$, погрешность не более $\pm 6\%$
7.3.6	Эталонные 2-го разряда по ГОСТ 8.033 источники бета-излучения с радионуклидом $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ типов 4С0 и 5С0, активность от 40 до $2 \cdot 10^6$ Бк, плотность потока от 3 до $5 \cdot 10^5$ мин $^{-1}$ ·см $^{-2}$, погрешность не более $\pm 6\%$
7.3.8	Эталонные плутоний-бериллиевые источники быстрых нейтронов по ГОСТ 8.031 типа ИБН, применяемые в открытой геометрии или в установках типов УКПН-1, УКПН-1М, КИС-НРД-МБм, УПН-АТ140, поток быстрых нейтронов от источника в телесный угол 4π ср от $3 \cdot 10^5$ до $5 \cdot 10^7$ с $^{-1}$, плотность потока нейтронов на расстоянии 1 м от источника 2,5 – 1000 с $^{-1}$ ·см $^{-2}$, погрешность не более $\pm 8\%$



Номер пункта МП	Наименование и тип (условное обозначение) эталонов и вспомогательных средств поверки, их метрологические и основные технические характеристики, обозначение ТНПА
7.3.9	Эталонные по ГОСТ 8.031 поверочные установки типов УКПН-1, УКПН-1М с комплектом плутоний-бериллиевых источников быстрых нейтронов типа ИБН при поверке в коллимированном пучке или установки на основе градуировочной линейки с набором аналогичных источников при поверке в открытой геометрии, диапазон измерений мощности амбиентного эквивалента дозы нейтронного излучения от 0,5 мкЗв/ч до 10 мЗв/ч, погрешность не более $\pm 8\%$
7.3.9	Линейка измерительная металлическая по ГОСТ 427, диапазон измерений от 0 до 500 мм, погрешность не более 0,5 мм
6.1	Термогигрометр ИВА-6Н-Д, диапазон измерений температуры от минус 20 °С до плюс 60 °С, абсолютная погрешность не более $\pm 0,3$ °С; диапазон измерений относительной влажности воздуха от 0 % до 98 %, абсолютная погрешность не более $\pm 2\%$; диапазон измерений атмосферного давления от 700 до 1100 гПа, абсолютная погрешность не более $\pm 2,5$ гПа
6.1	Дозиметр ДКГ-АТ2140, диапазон измерений мощности амбиентного эквивалента дозы от 0,1 мкЗв/ч до 10 мЗв/ч, основная погрешность не более $\pm 15\%$
Примечания	
1 Допускается применять другие средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик поверяемых спектрометров с требуемой точностью.	
2 Все средства поверки должны быть поверены и иметь действующие клейма и (или) свидетельства о поверке.	

4 Требования к квалификации поверителей

4.1 К проведению измерений при поверке и (или) обработке результатов измерений допускаются лица, подтвердившие компетентность выполнения данного вида поверочных работ.

5 Требования безопасности

5.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования [1], [2] и [3], а также:

- требования безопасности, установленные ГОСТ ИЕС 61010-1 для оборудования класса защиты III по ГОСТ 12.2.007.0;
- правила технической эксплуатации электроустановок потребителей в соответствии с ТКП 181;
- требования инструкций по технике безопасности и по радиационной безопасности, действующие в организации;
- требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации на применяемые средства поверки.

5.2 Процесс проведения поверки должен быть отнесен к работам 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 80 %; |
| – атмосферное давление | от 84 до 106 кПа; |
| – фон гамма-излучения | не более 0,20 мкЗв/ч. |

6.2 Перед проведением поверки необходимо:

- ознакомиться с руководством по эксплуатации (РЭ) на спектрометр;
- выдержать спектрометр в упаковке при условиях, соответствующих 6.1, в течение 2 ч;
- извлечь спектрометр и его составные части из упаковки и расположить их на рабочем месте;
- подготовить средства поверки в соответствии с их эксплуатационной документацией.

6.3 Поверка спектрометров должна осуществляться при полностью заряженных встроенных аккумуляторах.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- соответствие комплектности поверяемого спектрометра, приведенной в разделе 1 РЭ, в объеме, необходимом для поверки;
- наличие свидетельства о предыдущей поверке (при периодической поверке);
- наличие четких маркировочных надписей на корпусе спектрометра и блоках детектирования (далее – БД) спектрометра;
- отсутствие загрязнений, механических повреждений, влияющих на работу спектрометра.

7.2 Опробование

7.2.1 При опробовании необходимо проверить:

- выполнение самоконтроля основных узлов спектрометра;
- соответствие программного обеспечения (ПО);
- светозащищенность блока детектирования альфа-излучения БДПА-01 (далее – БДПА-01) и блока детектирования бета-излучения БДПБ-01 (далее – БДПБ-01).

7.2.2 Проверку выполнения самоконтроля основных узлов спектрометра проводят в соответствии с разделом 3 РЭ.

7.2.3 Подтверждение соответствия ПО проводят для спектрометров с датой выпуска после 01.06.2014 идентификацией и проверкой защиты встроенного ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений. Проверка защиты встроенного ПО осуществляется контролем отсутствия сообщений тестов самоконтроля об ошибках и проверкой целостности пломб на спектрометре и БД.

Для идентификации встроенного ПО:

- а) включают спектрометр и ожидают окончания инициализации;



б) переходят в режим «ОПЦИИ»;

в) сравнивают номер версии ПО и цифровой идентификатор ПО со значениями, приведенными в разделе «Свидетельство о приемке» РЭ.

Идентификационные данные встроенного ПО для спектрометров с датой выпуска до 01.08.2019 приведены в таблице 7.1, для спектрометров с датой выпуска после 01.08.2019 приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.1

Модификация спектрометра	Наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
МКС-АТ6102	АТ6102М	1.0ХN 1.bXY	d57103ed	CRC32
МКС-АТ6102А	АТ6102МА	1.0АН 1.bAY	d558d340	CRC32
МКС-АТ6102В	АТ6102МВ	1.0ВN 1.bBY	d3e71687	CRC32

Примечания

- Значения символов номера версии по порядку: 1 – номер версии; b – номер подверсии (от 0 до 99); символы X, A, B – модификация спектрометра; Y – версия библиотеки радионуклидов (N, S).
- Цифровой идентификатор приведен только для представленных версий ПО.
- Текущий номер версии и цифровой идентификатор ПО указывают в разделе «Свидетельство о приемке» РЭ и в протоколе поверки.

Таблица 7.2

Модификация спектрометра	Наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
МКС-АТ6102	АТ6102ХN АТ6102ХS	1.26ХN 1.26ХS 1.bXY	c567594c a494e890	CRC32
МКС-АТ6102А	АТ6102АН АТ6102АС	1.26АН 1.26АС 1.bAY	8efe020e e52a6e7c	CRC32
МКС-АТ6102В	АТ6102ВN АТ6102ВS	1.26ВN 1.26ВS 1.bBY	0b930bff 394db034	CRC32

Примечания

- Значения символов номера версии по порядку: 1 – номер версии; b – номер подверсии (от 0 до 99); символы X, A, B – модификация спектрометра; Y – версия библиотеки радионуклидов (N, S).
- Цифровой идентификатор приведен только для представленных версий ПО.
- Текущий номер версии и цифровой идентификатор ПО указывают в разделе «Свидетельство о приемке» РЭ и в протоколе поверки.



7.2.4 Проверку светозащищенности БДПА-01, БДПБ-01 проводят в следующей последовательности:

- а) подключают БДПА-01 (БДПБ-01) к спектрометру;
- б) измеряют скорость счета фоновых импульсов с установленной на БДПА-01 защитной крышкой за время не менее 100 с и с установленной на БДПБ-01 крышкой-фильтром за время не менее 1000 с в соответствии с разделом 3 РЭ;
- в) снимают защитную крышку с БДПА-01 и крышку-фильтр с БДПБ-01;
- г) устанавливают на расстоянии 40–50 см от рабочей поверхности БДПА-01 (БДПБ-01) лампу накаливания мощностью 60 Вт и включают ее;
- д) измеряют скорость счета импульсов за время не менее 1000 с при дополнительном освещении.

Светозащищенность БДПА-01 и БДПБ-01 считают удовлетворительной, если показания спектрометра при дополнительном освещении не превышают $0,01 \text{ с}^{-1}$ для БДПА-01 и 10 с^{-1} для БДПБ-01.

7.2.5 Результаты опробования считают удовлетворительными, если после выполнения самоконтроля спектрометр перешел в режим стабилизации, отсутствуют сообщения об ошибках, идентификационные данные ПО соответствуют значениям, приведенным в разделе «Свидетельство о приемке» РЭ, показания спектрометра при дополнительном освещении не превышают допустимых значений.

7.3 Определение метрологических характеристик

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

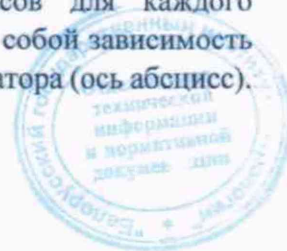
Определение основной относительной погрешности характеристики преобразования и проверку диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения проводят в следующей последовательности:

- а) включают спектрометр, выдерживают спектрометр во включенном состоянии в течение времени установления рабочего режима, равного 1 мин;
- б) проводят стабилизацию спектрометра, переводят спектрометр в режим набора спектра в соответствии с разделом 3 РЭ;
- в) устанавливают поочередно эталонные спектрометрические источники гамма-излучения типа ОСГИ-3, указанные в таблице 7.3, перед поверхностью корпуса спектрометра симметрично относительно метки (точка красного цвета), обозначающей проекцию геометрического центра детектора NaI(Tl) (на передней поверхности для МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А и на нижней поверхности для МКС-АТ6102В);

Таблица 7.3

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_{0i} , кэВ	32; 662	60	122	166	392	835	1275	2614

г) инициируют измерение амплитудного распределения импульсов для каждого источника. Наблюдают измеряемый аппаратурный спектр, представляющий собой зависимость числа зарегистрированных импульсов (ось ординат) от номера канала анализатора (ось абсцисс).



Номеру канала соответствует значение энергии регистрируемого гамма-излучения (характеристика преобразования спектрометра, заданная в табличном виде). На экране спектрометра отображается подвижный маркер (вертикальная черта). В строке маркера отображается позиция маркера в каналах «ch», значение энергии гамма-излучения «keV» и количество импульсов в канале «cnt»;

д) считают индицируемое на экране значение скорости счета импульсов от источника гамма-излучения, которое должно находиться в пределах от 250 до 10000 с⁻¹. Если это требование не выполняется, то изменяют расстояние между источником и спектрометром и повторяют операции согласно 7.3.1 (в-д);

е) измеряют спектр от источника гамма-излучения до достижения значения интегрального числа импульсов в пике полного поглощения (ППП) не менее 10⁴. Интегральное число импульсов в ППП определяется согласно разделу 3 РЭ;

ж) определяют положение центра ППП n_i и соответствующее ему значение энергии гамма-излучения E_i , кэВ, согласно разделу 3 РЭ;

и) определяют основную относительную погрешность характеристики преобразования (ПХП) спектрометра, %, по формуле

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

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

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

Примечание – Для спектрометров с датой выпуска до 01.06.2014 определение ПХП проводится по формуле (1) для двух диапазонов энергий регистрируемого гамма-излучения: от 20 до 1500 кэВ и от 40 до 3000 кэВ в соответствии с таблицей 7.4, при этом в диапазоне от 20 до 1500 кэВ $E_{\max} = 1500$ кэВ.

Таблица 7.4

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_{0i} , кэВ	32 ¹⁾ ; 662	60	122	166	392	835	1275	2614 ²⁾
¹⁾ Используют только при поверке в диапазоне энергий регистрируемого гамма-излучения от 20 до 1500 кэВ. ²⁾ Используют только при поверке в диапазоне энергий регистрируемого гамма-излучения от 40 до 3000 кэВ.								

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

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

7.3.2 Определение относительного энергетического разрешения

Определение относительного энергетического разрешения проводят в следующей последовательности:

а) выполняют операции согласно 7.3.1 (а, б);



б) размещают и фиксируют вплотную к поверхности корпуса спектрометра (на передней поверхности для МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А и на нижней поверхности для МКС-АТ6102В) эталонный источник гамма-излучения типа ОСГИ-3 с радионуклидом ^{137}Cs . При этом центр активной части источника должен находиться симметрично относительно метки (точка красного цвета), обозначающей проекцию геометрического центра детектора NaI(Tl) ;

в) измеряют спектр от источника гамма-излучения типа ОСГИ-3 до достижения интегрального числа импульсов в ППП с энергией 662 кэВ не менее $2 \cdot 10^4$, при этом входная статистическая нагрузка должна быть не более 2000 с^{-1} . Интегральное число импульсов в ППП определяется согласно разделу 3 РЭ;

г) определяют значение относительного энергетического разрешения R , %, согласно разделу 3 РЭ.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если относительное энергетическое разрешение спектрометра не превышает:

- 8,0 % для МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А;
- 8,5 % для МКС-АТ6102В;
- 9,0 % для спектрометров с датой выпуска до 01.06.2014.

7.3.3 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 с использованием источника типа ОСГИ-3 в следующей последовательности:

- а) выполняют операции согласно 7.3.1 (а, б);
- б) задают время набора спектра 200 с согласно разделу 3 РЭ;
- в) выполняют операции согласно 7.3.2 (б);

г) измеряют спектр от источника гамма-излучения типа ОСГИ-3. При этом входная статистическая нагрузка должна быть не более 2000 с^{-1} . Интегральное число импульсов в ППП определяется согласно разделу 3 РЭ. По истечении заданного времени набор спектра будет остановлен;

д) определяют положение центра ППП n , соответствующее ему значение энергии гамма-излучения E , кэВ, и значение относительного энергетического разрешения R , %, согласно разделу 3 РЭ;

- е) определяют левую E_x , кэВ, и правую E_n , кэВ, границы ППП по формулам

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

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

где E , кэВ, и R , % – соответственно энергия гамма-излучения и относительное энергетическое разрешение, определенные согласно 7.3.3 (д);

ж) устанавливают подвижные маркеры в позиции, примерно соответствующие значениям энергий E_x и E_n ;

и) считывают с экрана спектрометра измеренную скорость счета импульсов в ППП N , с^{-1} , в выделенном энергетическом окне согласно разделу 3 РЭ;

к) удаляют источник гамма-излучения ОСГИ-3 с корпуса спектрометра и измеряют фоновый спектр в течение 200 с, после чего выполняют операцию по 7.3.3 (ж) и считывают



с экрана спектрометра измеренную скорость счета фоновых импульсов N_{ϕ} , с⁻¹, в выделенном энергетическом окне;

л) определяют эффективность регистрации ε , %, по формуле

$$\varepsilon = \frac{N - N_{\phi}}{A_0 \cdot \eta \cdot e^{\frac{0,693 \cdot t}{T_{1/2}}}} \cdot 100, \quad (4)$$

где A_0 – значение активности источника гамма-излучения с радионуклидом ¹³⁷Cs на дату его поверки (из свидетельства о поверке), Бк;

η – квантовый выход фотонов с энергией 662 кэВ радионуклида ¹³⁷Cs, равный 0,851 фотон/распад;

t – время, прошедшее между датой поверки источника гамма-излучения типа ОСГИ-3 и датой измерения, сут;

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

Результаты поверки считают удовлетворительными, если эффективность регистрации в ППП для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ¹³⁷Cs не менее:

- 1,68 % для МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А с датой выпуска после 01.08.2019;
- 2,16 % для МКС-АТ6102В с датой выпуска после 01.08.2019;
- (2,42 ± 0,48) % для МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А с датой выпуска до 01.08.2019;
- (2,10 ± 0,42) % для МКС-АТ6102В с датой выпуска до 01.08.2019;
- (2,70 ± 0,54) % для МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А с датой выпуска до 01.06.2014.

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

7.3.4.1 Определение основной относительной погрешности при измерении мощности амбиентного эквивалента дозы (далее – мощность дозы) гамма-излучения спектрометра с детектором NaI(Tl) проводят на эталонной дозиметрической установке гамма-излучения с набором источников ¹³⁷Cs в контрольных точках согласно таблице 7.5 для МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А и таблице 7.6 для МКС-АТ6102В в следующей последовательности:

Таблица 7.5

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



Таблица 7.6

Номер контрольной точки i	Мощность дозы $\dot{H}_{0i}^*(10)$, мкЗв/ч	Измерение мощности дозы $\dot{H}_i^*(10)$		Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %
		Количество измерений	Статистическая погрешность, %, не более	
1	0,07	3	5	±20
2	0,70	3	3	
3	7,0	3	3	
4	70,0	3	3	
5	130	3	3	

а) устанавливают спектрометр на эталонную дозиметрическую установку таким образом, чтобы центральная ось пучка излучения проходила через метку (точка красного цвета), расположенную на поверхности корпуса спектрометра (на передней поверхности для МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А и на нижней поверхности для МКС-АТ6102В), обозначающую проекцию геометрического центра детектора NaI(Tl) и обращенную к источнику излучения;

б) устанавливают спектрометр в i -ю контрольную точку на расстоянии r_i , мм, от центра источника до метки (точка красного цвета) на поверхности корпуса спектрометра, при этом:

$$r_i = r_{0i} - 31 \text{ мм} \quad \text{для МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А;}$$

$$r_i = r_{0i} - 37 \text{ мм} \quad \text{для МКС-АТ6102В,}$$

где r_{0i} – расстояние, соответствующее мощности дозы $\dot{H}_{0i}^*(10)$ в i -й контрольной точке (из свидетельства о поверке), мм;

в) включают спектрометр, проводят стабилизацию и переводят спектрометр в режим измерения мощности дозы детектором NaI(Tl) согласно разделу 3 РЭ.

Примечание – Определение основной относительной погрешности при измерении мощности дозы для спектрометров с датой выпуска до 01.06.2014 проводят в «Экспертном режиме» в соответствии с разделом 3 РЭ;

г) измеряют мощность дозы фонового гамма-излучения (фон) $\dot{H}_{\text{фн}}^*(10)$ в i -й контрольной точке со статистической погрешностью не более 5 % согласно разделу 3 РЭ;

д) подвергают спектрометр воздействию гамма-излучения с заданной мощностью дозы $\dot{H}_{0i}^*(10)$ и измеряют мощность дозы $\dot{H}_i^*(10)$ в i -й контрольной точке согласно разделу 3 РЭ. Определяют среднее арифметическое измеренных значений $\bar{\dot{H}}_i^*(10)$;

е) определяют в i -й контрольной точке доверительные границы основной относительной погрешности Δ_i (без учета знака), %, при доверительной вероятности 0,95 по формуле

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

где θ_{0i} – относительная погрешность эталонной дозиметрической установки в i -й контрольной точке (из свидетельства о поверке), %;



$\theta_{при}$ – относительная погрешность измерения мощности дозы в i -й контрольной точке, %, вычисляемая по формуле

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

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

Результаты поверки считают удовлетворительными, если доверительные границы основной относительной погрешности при измерении мощности дозы гамма-излучения спектрометра с детектором NaI(Tl) для всех контрольных точек не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности, указанных в таблицах 7.5 и 7.6.

7.3.4.2 Определение основной относительной погрешности при измерении 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 согласно таблице 7.7 в следующей последовательности:

Таблица 7.7

Номер контрольной точки i	Мощность дозы $\dot{H}_{0i}^*(10)$, мЗв/ч	Измерение мощности дозы $\dot{H}_i^*(10)$		Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %
		Количество измерений	Статистическая погрешность, %, не более	
1	0,07	3	5	±20
2	0,70	3	3	
3	7,0	3	3	
4	70,0	3	3	

а) устанавливают спектрометр на эталонную дозиметрическую установку таким образом, чтобы центральная ось пучка излучения проходила через метку (точка черного цвета), расположенную на передней поверхности корпуса спектрометра, обозначающую проекцию геометрического центра счетчика Гейгера-Мюллера и обращенную к источнику излучения;

б) устанавливают спектрометр в i -ю контрольную точку на расстоянии r_i , мм, от центра источника до метки (точка черного цвета) на поверхности корпуса спектрометра, при этом $r_i = r_{0i} - 25$ мм, где r_{0i} – расстояние, соответствующее мощности дозы $\dot{H}_{0i}^*(10)$ в i -й контрольной точке (из свидетельства о поверке), мм;

в) включают спектрометр, переводят спектрометр в режим измерения мощности дозы детектором на основе счетчика Гейгера-Мюллера согласно разделу 3 РЭ.

Примечание – Определение основной относительной погрешности при измерении мощности дозы для спектрометров с датой выпуска до 01.06.2014 проводят в «Экспертном режиме» в соответствии с разделом 3 РЭ;

г) подвергают спектрометр воздействию гамма-излучения с заданной мощностью дозы $\dot{H}_{0i}^*(10)$ и измеряют мощность дозы $\dot{H}_i^*(10)$ в i -й контрольной точке согласно разделу 3 РЭ. Определяют среднее арифметическое измеренных значений $\bar{H}_i^*(10)$;



д) определяют в i -й контрольной точке доверительные границы основной относительной погрешности Δ_i (без учета знака), %, при доверительной вероятности 0,95 по формуле (5).

Примечание – Значение фона $\dot{H}_{\phi_i}^*$ (10) при расчете по формуле (6) принимают равным нулю.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если доверительные границы основной относительной погрешности при измерении мощности дозы гамма-излучения спектрометра с детектором на основе счетчика Гейгера-Мюллера для всех контрольных точек не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности, указанных в таблице 7.7.

7.3.5 Определение основной относительной погрешности при измерении плотности потока альфа-частиц

Определение основной относительной погрешности при измерении плотности потока альфа-частиц спектрометра с БДПА-01 проводят с использованием эталонных источников альфа-излучения ^{239}Pu типов 4П9, 5П9 в контрольных точках согласно таблице 7.8 в следующей последовательности:

Таблица 7.8

Номер контрольной точки i	Плотность потока альфа-частиц ϕ_{0i} , мин ⁻¹ ·см ⁻²	Измерение плотности потока альфа-частиц ϕ_i		Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %
		Количество измерений	Статистическая погрешность, %, не более	
1	$10 - 10^2$	3	5	±20
2	$10^2 - 10^3$	3	3	
3	$10^3 - 10^4$	3	3	
4	$10^4 - 10^5$	3	3	

а) подключают БДПА-01 к спектрометру;

б) включают спектрометр, переводят в режим измерения плотности потока альфа-частиц согласно разделу 3 РЭ;

в) измеряют фоновое значение плотности потока (фон) с установленной на БДПА-01 защитной крышкой в течение не менее 100 с, сохраняют фон и переводят спектрометр в режим измерения с автоматическим вычитанием фона согласно разделу 3 РЭ;

г) снимают с БДПА-01 защитную крышку и устанавливают источник альфа-излучения на расстоянии $(1,5 \pm 0,2)$ мм от торцевой поверхности корпуса входного окна БДПА-01 до рабочей поверхности источника альфа-излучения.

Примечание – Указанное расстояние обеспечивается самоклеящимися ножками, установленными на торцевую поверхность БДПА-01;

д) измеряют плотность потока альфа-частиц в i -й контрольной точке ϕ_i , мин⁻¹·см⁻².
Определяют среднее арифметическое измеренных значений $\bar{\phi}_i$;

е) определяют в i -й контрольной точке доверительные границы основной относительной погрешности Δ_i (без учета знака), %, при доверительной вероятности 0,95 по формуле



$$\Delta_i = 1,1\sqrt{\theta_{0i}^2 + \theta_{npi}^2}, \quad (7)$$

где θ_{0i} – относительная погрешность эталонного источника альфа-излучения (из свидетельства о поверке), %;

θ_{npi} – относительная погрешность измерения плотности потока альфа-частиц в i -й контрольной точке, %, вычисляемая по формуле

$$\theta_{npi} = \frac{\bar{\varphi}_i - \varphi_{0i}}{\varphi_{0i}} \cdot 100, \quad (8)$$

где $\bar{\varphi}_i$ – среднее арифметическое плотности потока альфа-частиц в i -й контрольной точке, $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$;

φ_{0i} – плотность потока альфа-частиц с поверхности эталонного источника, $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$, вычисляемая по формуле

$$\varphi_{0i} = \frac{60 \cdot n_{0i}}{S_i}, \quad (9)$$

где n_{0i} – значение внешнего альфа-излучения источника ^{239}Pu в телесный угол 2π ср на дату поверки (из свидетельства о поверке), с^{-1} ;

S_i – площадь рабочей поверхности эталонного источника, равная 40 см^2 и 100 см^2 для источников типа 4П9 и 5П9 соответственно.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если доверительные границы основной относительной погрешности при измерении плотности потока альфа-частиц спектрометра с БДПА-01 для всех контрольных точек не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности, указанных в таблице 7.8.

7.3.6 Определение основной относительной погрешности при измерении плотности потока бета-частиц

Определение основной относительной погрешности при измерении плотности потока бета-частиц спектрометра с БДПБ-01 проводят с использованием эталонных источников бета-излучения $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ типов 4С0, 5С0 в контрольных точках согласно таблице 7.9 в следующей последовательности:

Таблица 7.9

Номер контрольной точки i	Плотность потока бета-частиц φ_{0i} , $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	Измерение плотности потока бета-частиц φ_i		Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %
		Количество измерений	Статистическая погрешность, %, не более	
1	$10 - 10^2$	3	5	±20
2	$10^2 - 10^3$	3	3	
3	$10^3 - 10^4$	3	3	
4	$10^4 - 10^5$	3	3	
5	$10^5 - 5 \cdot 10^5$	3	3	



- а) подключают БДПБ-01 к спектрометру;
- б) включают спектрометр, переводят в режим измерения плотности потока бета-частиц согласно разделу 3 РЭ;
- в) измеряют фоновое значение плотности потока (фон) с установленной на БДПБ-01 крышкой-фильтром в течение не менее 1000 с, сохраняют фон и переводят спектрометр в режим измерения с автоматическим вычитанием фона согласно разделу 3 РЭ;
- г) снимают с БДПБ-01 крышку-фильтр и устанавливают источник бета-излучения на расстоянии $(1,5 \pm 0,2)$ мм от торцевой поверхности корпуса входного окна БДПБ-01 до рабочей поверхности источника бета-излучения.

Примечание – Указанное расстояние обеспечивается самоклеящимися ножками, установленными на торцевую поверхность БДПБ-01;

- д) измеряют плотность потока бета-частиц в i -й контрольной точке φ_i , $\text{мин}^{-1}\cdot\text{см}^{-2}$.
 Определяют среднее арифметическое измеренных значений $\bar{\varphi}_i$;
- е) определяют в i -й контрольной точке доверительные границы основной относительной погрешности Δ_i (без учета знака), %, при доверительной вероятности 0,95 по формуле

$$\Delta_i = 1,1\sqrt{\theta_{0i}^2 + \theta_{\text{при}}^2}, \quad (10)$$

где θ_{0i} – относительная погрешность эталонного источника бета-излучения (из свидетельства о поверке), %;

$\theta_{\text{при}}$ – относительная погрешность измерения плотности потока бета-частиц в i -й контрольной точке, %, вычисляемая по формуле

$$\theta_{\text{при}} = \frac{\bar{\varphi}_i - \varphi_{0i}}{\varphi_{0i}} \cdot 100, \quad (11)$$

где $\bar{\varphi}_i$ – среднее арифметическое плотности потока бета-частиц в i -й контрольной точке, $\text{мин}^{-1}\cdot\text{см}^{-2}$;

φ_{0i} – плотность потока бета-частиц с поверхности эталонного источника, $\text{мин}^{-1}\cdot\text{см}^{-2}$, вычисляемая по формуле

$$\varphi_{0i} = \frac{60 \cdot n_{0i} \cdot e^{\frac{0,693 \cdot t}{T_{1/2}}}}{S_i}, \quad (12)$$

где n_{0i} – значение внешнего бета-излучения источника $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ в телесный угол 2π ср на дату поверки (из свидетельства о поверке), с^{-1} ;

S_i – площадь рабочей поверхности эталонного источника, равная 40 см^2 и 100 см^2 для источников типа 4С0 и 5С0 соответственно;

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

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

Результаты поверки считают удовлетворительными, если доверительные границы основной относительной погрешности при измерении плотности потока бета-частиц спектрометра с БДПБ-01 для всех контрольных точек не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности, указанных в таблице 7.9.



7.3.7 Определение скорости счета импульсов фоновое нейтронного излучения спектрометра МКС-АТ6102

Определение скорости счета импульсов фоновое нейтронного излучения спектрометра МКС-АТ6102 проводят в условиях естественного нейтронного фона в следующей последовательности:

- а) включают спектрометр, переводят спектрометр в режим измерения скорости счета импульсов нейтронного излучения (режим «ИЗМЕР») согласно разделу 3 РЭ;
- б) измеряют скорость счета импульсов фоновое нейтронного излучения N_0, c^{-1} , три раза по 20 мин согласно разделу 3 РЭ. Определяют среднее арифметическое измеренных значений \bar{N}_0 .

Результаты поверки считают удовлетворительными, если значение скорости счета импульсов фоновое нейтронного излучения \bar{N}_0 находится в диапазоне от 0,010 до 0,050 c^{-1} .

7.3.8 Определение чувствительности спектрометра МКС-АТ6102 к нейтронному излучению плутоний-бериллиевого источника

Определение чувствительности спектрометра МКС-АТ6102 к нейтронному излучению плутоний-бериллиевого источника проводят с источником типа ИБН-8-6 на расстоянии $r_0 = 100$ см от центра источника до центра чувствительной области нейтронного детектора в следующей последовательности:

- а) выполняют операции согласно 7.3.7 (а);
- б) устанавливают спектрометр так, чтобы расстояние от его нижней поверхности до центра источника было равно $r = [(r_0 - 2,3) \pm 0,2]$, см, при этом линия «центр источника излучения – спектрометр» должна проходить через метку (точка красного цвета), расположенную на нижней поверхности корпуса спектрометра, и перпендикулярно нижней поверхности;
- в) измеряют скорость счета импульсов фоновое нейтронного излучения N_0, c^{-1} , в течение не менее 20 мин согласно разделу 3 РЭ;
- г) измеряют скорость счета импульсов нейтронного излучения N, c^{-1} , три раза от плутоний-бериллиевого источника со статистической погрешностью не более 3 % согласно разделу 3 РЭ. Определяют среднее арифметическое измеренных значений \bar{N} ;
- д) определяют чувствительность $S, (\text{имп} \cdot c^{-1}) / (\text{нейтр} \cdot c^{-1} \cdot \text{см}^2)$, по формуле

$$S = \frac{\bar{N} - N_0}{\varphi(r_0)} \cdot b(r_0) \cdot K, \quad (13)$$

где \bar{N} – среднее арифметическое скорости счета импульсов нейтронного излучения, c^{-1} ;

N_0 – скорость счета импульсов фоновое нейтронного излучения, c^{-1} ;

$\varphi(r_0)$ – плотность потока нейтронов плутоний-бериллиевого источника на расстоянии r_0 на дату поверки (из свидетельства о поверке), $\text{нейтр} \cdot c^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$;

$b(r_0)$ – коэффициент, учитывающий вклад рассеянного нейтронного излучения;

K – коэффициент, используемый при поверке на установках типа УКПН и обусловленный зависимостью чувствительности нейтронного детектора от энергии нейтронного излучения.



Коэффициент K равен отношению чувствительности нейтронного детектора при измерениях в открытой геометрии к чувствительности при измерениях на установках типа УКПН и определяется на конкретной установке типа УКПН для данного типа нейтронного детектора.

При проведении измерений в открытой геометрии $K=1$.

Коэффициент $b(r_0)$ определяют следующим образом:

1) для открытой геометрии – по формуле

$$b(r_0) = \frac{N - N_c}{N - N_0}, \quad (14)$$

где N – скорость счета импульсов от нейтронного источника в точке поверки, c^{-1} ;

N_0 – скорость счета импульсов фонового нейтронного излучения, c^{-1} ;

N_c – скорость счета импульсов от нейтронного источника, измеренная с установленным между источником и спектрометром теньвым конусом, c^{-1} ;

2) для установок типа УКПН – по [4].

Значение произведения $b(r_0) \cdot K$ на расстоянии r_0 для данной установки типа УКПН определяют по формуле

$$b(r_0) \cdot K = \frac{S_0 \cdot \varphi(r_0)}{N - N_0}, \quad (15)$$

где S_0 – чувствительность спектрометра, определенная в условиях открытой геометрии, $(\text{имп} \cdot c^{-1}) / (\text{нейтр} \cdot c^{-1} \cdot \text{см}^2)$;

$\varphi(r_0)$ – плотность потока нейтронов на расстоянии r_0 для установки типа УКПН, $\text{нейтр} \cdot c^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$;

N – скорость счета импульсов от нейтронного источника в точке поверки, c^{-1} ;

N_0 – скорость счета импульсов фонового нейтронного излучения, c^{-1} .

Полученное значение произведения $b(r_0) \cdot K$ используют при последующих поверках спектрометров МКС-АТ6102 на данной установке УКПН.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если значение чувствительности спектрометра МКС-АТ6102 к нейтронному излучению плутоний-бериллиевого источника составляет не менее 0,28 $(\text{имп} \cdot c^{-1}) / (\text{нейтр} \cdot c^{-1} \cdot \text{см}^2)$.

7.3.9 Определение основной относительной погрешности при измерении мощности амбиентного эквивалента дозы нейтронного излучения

Определение основной относительной погрешности при измерении мощности амбиентного эквивалента дозы (далее – мощность дозы) нейтронного излучения спектрометра с блоком детектирования нейтронного излучения БДКН-03 (далее – БДКН-03) проводят на эталонной установке нейтронного излучения или в условиях открытой геометрии в контрольных точках согласно таблице 7.10 в следующей последовательности:



Таблица 7.10

Номер контрольной точки i	Мощность дозы $\dot{H}_{0i}^*(10)$, мкЗв/ч	Измерение мощности дозы $\dot{H}_i^*(10)$		Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %
		Количество измерений	Статистическая погрешность, %, не более	
1	1 – 10	3	6	±20
2	20 – 100	3	3	
3	$2 \cdot 10^2 - 10^3$	3	2	
4	$2 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^4$	3	2	

а) устанавливают БДКН-03 на эталонную установку нейтронного излучения таким образом, чтобы центральная ось пучка излучения проходила на расстоянии 115 мм от торцевой поверхности корпуса БДКН-03 (рисунок 1);

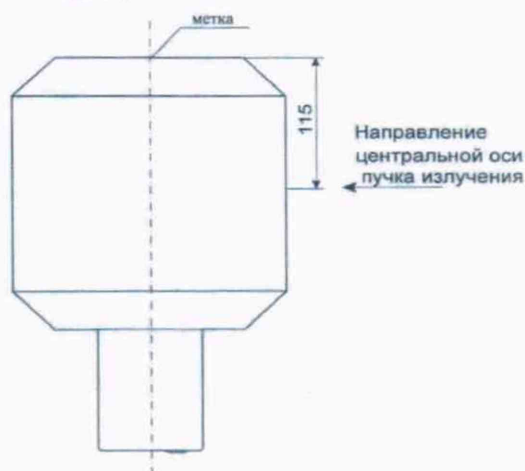


Рисунок 1

б) устанавливают расстояние r_i , мм, от центра источника до центра детектора, соответствующее мощности дозы $\dot{H}_{0i}^*(10)$ в i -й контрольной точке (из свидетельства о поверке).

Примечание – Центр детектора находится на оси, проходящей через крестообразную метку на торцевой поверхности корпуса БДКН-03. Для того чтобы весь объем детектора находился в однородном пучке излучения, расстояние от источника излучения до БДКН-03 в контрольных точках должно быть не менее 0,5 м для установок типа УКПН и не менее 0,3 м при поверке в открытой геометрии;

в) подключают БДКН-03 к спектрометру;

г) включают спектрометр и переходят в режим измерения мощности дозы нейтронного излучения согласно разделу 3 РЭ;

д) измеряют мощность дозы фонового нейтронного излучения (фон) $\dot{H}_{фн}^*(10)$, мкЗв/ч, в течение не менее 20 мин.

Примечание – Измерение фона проводят при отсутствии нейтронного источника на эталонной установке нейтронного излучения. Для контрольных точек с мощностью дозы 20 мкЗв/ч и более фон допускается не учитывать;

е) подвергают БДКН-03 воздействию нейтронного излучения с заданной мощностью дозы $\dot{H}_{0i}^*(10)$ и измеряют мощность дозы $\dot{H}_i^*(10)$ в i -й контрольной точке согласно разделу 3 РЭ. Определяют среднее арифметическое измеренных значений $\bar{\dot{H}}_i^*(10)$;

ж) вычисляют значение мощности дозы, обусловленное прямым излучением, по формуле

$$\dot{H}_{пр}^*(10) = \left(\bar{\dot{H}}_i^*(10) - \dot{H}_{фi}^*(10) \right) \cdot B(R)_i, \quad (16)$$

где $\bar{\dot{H}}_i^*(10)$ – среднее арифметическое мощности дозы в i -й контрольной точке, мкЗв/ч;

$\dot{H}_{фi}^*(10)$ – мощность дозы фона в i -й контрольной точке, мкЗв/ч;

$B(R)_i$ – коэффициент, учитывающий вклад рассеянного нейтронного излучения в показания в i -й контрольной точке, определенный при поверке эталонной установки нейтронного излучения с данным типом блока детектирования (БДКН-03).

Коэффициенты $B(R)_i$ используются, если эталонная установка нейтронного излучения типа УКПН откалибрована по прямому нейтронному излучению (с вычитанием рассеянного в помещении излучения). При поверке в условиях открытой геометрии вклад рассеянного излучения определяется методом теневого конуса;

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

$$\Delta_i = 1,1 \sqrt{\theta_{0i}^2 + \theta_{прi}^2}, \quad (17)$$

где θ_{0i} – относительная погрешность эталонной установки нейтронного излучения в i -й контрольной точке (из свидетельства о поверке), %;

$\theta_{прi}$ – относительная погрешность измерения мощности дозы в i -й контрольной точке, %, вычисляемая по формуле

$$\theta_{прi} = \frac{\dot{H}_{прi}^*(10) - \dot{H}_{0i}^*(10)}{\dot{H}_{0i}^*(10)} \cdot 100. \quad (18)$$

Результаты поверки считают удовлетворительными, если доверительные границы основной относительной погрешности при измерении мощности дозы нейтронного излучения спектрометра с БДКН-03 для всех контрольных точек не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности, указанных в таблице 7.10.



8 Оформление результатов поверки

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

8.2 Если спектрометр по результатам поверки признан пригодным к применению, то результаты оформляют:

а) при выпуске спектрометра из производства:

– записью в разделе «Свидетельство о приемке» РЭ даты проведения поверки, заверенной подписью поверителя и оттиском поверительного клейма;

– нанесением клейма-наклейки поверителя на боковую поверхность корпуса спектрометра;

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

8.3 Если спектрометр по результатам поверки признан непригодным к применению, поверительное клеймо гасится, свидетельство о поверке аннулируется, выдается заключение о непригодности по форме в соответствии с приложением Д ТКП 8.003.



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

наименование организации, проводящей поверку

Протокол № _____

поверки _____ Спектрометра МКС-АТ6102 _____ зав. № _____
наименование средства измерений

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:

А.1 Внешний осмотр:

- документация _____
- комплектность _____
- отсутствие механических повреждений _____

А.2 Опробование:

- самоконтроль _____
- соответствие ПО _____



Таблица А.1

Модификация спектрометра	Наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
МКС-АТ6102				CRC32
МКС-АТ6102А				CRC32
МКС-АТ6102В				CRC32

– проверка светозащищенности БДПА-01, БДПБ-01 _____.

А.3 Определение метрологических характеристик

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

Таблица А.3

Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения 20–1500 кэВ								
Радионуклид	¹³⁷ Cs		²⁴¹ Am	⁵⁷ Co	¹³⁹ Ce	¹¹³ Sn	⁵⁴ Mn	²² Na
Энергия излучения E_{0i} , кэВ	32	662	60	122	166	392	835	1275
Измеренное значение энергии E_i , кэВ								
$\Delta E_i = E_{0i} - E_i $, кэВ								
$\Delta E_{\max} =$ кэВ				ПХП (при поверке) = %			ПХП ≤ 1 %	

Таблица А.4

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	60	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 ≤ 1 %		



А.3.2 Определение относительного энергетического разрешения

Таблица А.5

Тип источника гамма-излучения	Измеренное значение относительного энергетического разрешения R , %	Значение относительного энергетического разрешения R , %, не более
ОСГИ-3, ^{137}Cs , активность от 8 до 24 кБк		8,0 % ¹⁾
		8,5 % ²⁾
		9,0 % ³⁾

¹⁾ Для МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А.

²⁾ Для МКС-АТ6102В.

³⁾ Для спектрометров с датой выпуска до 01.06.2014.

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

Таблица А.6

Тип источника гамма-излучения	Положение центра ППП n , канал	Измеренное значение энергии E , кэВ	Границы ППП E_x , E_n , кэВ	Скорость счета фоновых импульсов N_ϕ , с ⁻¹	Скорость счета импульсов в ППП N , с ⁻¹	Рассчитанное значение эффективности регистрации в ППП ε , %	Эффективность регистрации в ППП ε , %
ОСГИ-3			$E_x =$				не менее 1,68 ¹⁾
$A_0 =$ Бк			$E_n =$				не менее 2,16 ²⁾
							$(2,42 \pm 0,48)$ ³⁾
							$(2,10 \pm 0,42)$ ⁴⁾
							$(2,70 \pm 0,54)$ ⁵⁾

¹⁾ Для МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А с датой выпуска после 01.08.2019.

²⁾ Для МКС-АТ6102В с датой выпуска после 01.08.2019.

³⁾ Для МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А с датой выпуска до 01.08.2019.

⁴⁾ Для МКС-АТ6102В с датой выпуска до 01.08.2019.

⁵⁾ Для МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А с датой выпуска до 01.06.2014.



Handwritten signature and date: 23.04.2020

А.3.4 Определение основной относительной погрешности при измерении мощности дозы гамма-излучения спектрометров МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А с детектором NaI(Tl)

Таблица А.7

Мощность дозы в контрольной точке $\dot{H}_{0i}^*(10)$, мкЗв/ч	Мощность дозы фона $\dot{H}_{\phi i}^*(10)$, мкЗв/ч	Измерение мощности дозы		Относительная погрешность $\theta_{пр}$, %	Доверительные границы основной относительной погрешности Δ_i , %	Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %
		Измеренное значение $\dot{H}_i^*(10)$, мкЗв/ч	Среднее арифметическое измеренных значений $\bar{\dot{H}}_i^*(10)$, мкЗв/ч			
0,07						±20
0,70						
7,0						
70,0						
240						

А.3.5 Определение основной относительной погрешности при измерении мощности дозы гамма-излучения спектрометра МКС-АТ6102В с детектором NaI(Tl)

Таблица А.8

Мощность дозы в контрольной точке $\dot{H}_{0i}^*(10)$, мкЗв/ч	Мощность дозы фона $\dot{H}_{\phi i}^*(10)$, мкЗв/ч	Измерение мощности дозы		Относительная погрешность $\theta_{пр}$, %	Доверительные границы основной относительной погрешности Δ_i , %	Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %
		Измеренное значение $\dot{H}_i^*(10)$, мкЗв/ч	Среднее арифметическое измеренных значений $\bar{\dot{H}}_i^*(10)$, мкЗв/ч			
0,07						±20
0,70						
7,0						
70,0						
130						



А.3.6 Определение основной относительной погрешности при измерении мощности дозы гамма-излучения спектрометра с детектором на основе счетчика Гейгера-Мюллера

Таблица А.9

Мощность дозы в контрольной точке \dot{H}_{0i}^* (10), мЗв/ч	Измерение мощности дозы		Относительная погрешность $\theta_{пр}$, %	Доверительные границы основной относительной погрешности Δ_i , %	Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %
	Измеренное значение \dot{H}_i^* (10), мЗв/ч	Среднее арифметическое измеренных значений $\bar{\dot{H}}_i^*$ (10), мЗв/ч			
0,07					±20
0,70					
7,0					
70,0					

А.3.7 Определение основной относительной погрешности при измерении плотности потока альфа-частиц

БДПА-01, зав № _____

Таблица А.10

Плотность потока альфа-частиц в контрольной точке φ_{0i} , мин ⁻¹ ·см ⁻²	Измерение плотности потока альфа-частиц		Относительная погрешность $\theta_{пр}$, %	Доверительные границы основной относительной погрешности Δ_i , %	Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %
	Измеренное значение φ_i , мин ⁻¹ ·см ⁻²	Среднее арифметическое измеренных значений $\bar{\varphi}_i$, мин ⁻¹ ·см ⁻²			
10 – 10 ²					±20
10 ² – 10 ³					
10 ³ – 10 ⁴					
10 ⁴ – 10 ⁵					



А.3.8 Определение основной относительной погрешности при измерении плотности потока бета-частиц

БДПБ-01, зав № _____

Таблица А.11

Плотность потока бета-частиц в контрольной точке φ_0 , мин ⁻¹ ·см ⁻²	Измерение плотности потока бета-частиц		Относительная погрешность $\theta_{пр}$, %	Доверительные границы основной относительной погрешности Δ_i , %	Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %
	Измеренное значение φ_i , мин ⁻¹ ·см ⁻²	Среднее арифметическое измеренных значений $\bar{\varphi}_i$, мин ⁻¹ ·см ⁻²			
10 – 10 ²					±20
10 ² – 10 ³					
10 ³ – 10 ⁴					
10 ⁴ – 10 ⁵					
10 ⁵ – 5·10 ⁵					

А.3.9 Определение скорости счета импульсов фоновое нейтронного излучения спектрометра МКС-АТ6102

Таблица А.12

Измеренное значение скорости счета импульсов фоновое нейтронного излучения N_0 , с ⁻¹	Среднее арифметическое измеренных значений \bar{N}_0 , с ⁻¹	Скорость счета импульсов фоновое нейтронного излучения, с ⁻¹
		от 0,010 до 0,050

А.3.10 Определение чувствительности спектрометра МКС-АТ6102 к нейтронному излучению плутоний-бериллиевый источник

Таблица А.13

Плотность потока нейтронов в контрольной точке $\varphi(r_0)$, с ⁻¹ ·см ⁻²	Тип и № источника	Расстояние до источника r_0 , см	Значение произведения $b(r_0) \cdot K$	Измерение скорости счета импульсов		Рассчитанное значение чувствительности S , (имп·с ⁻¹)/ (нейтр.·с ⁻¹ ·см ⁻²)	Чувствительность S , (имп·с ⁻¹)/ (нейтр.·с ⁻¹ ·см ⁻²), не менее
				Измеренное значение N , с ⁻¹	Среднее арифметическое измеренных значений \bar{N} , с ⁻¹		
Фон							0,28
5–1000							



Handwritten signature and date: 23.04.2020

А.3.11 Определение основной относительной погрешности при измерении мощности дозы нейтронного излучения

БДКН-03, зав № _____

Таблица А.14

Мощность дозы в контрольной точке $\dot{H}_{0i}^*(10)$, мкЗв/ч	Тип и № источника	Расстояние до источника r , см	Значение коэффициента $B(R)_i$	Измерение мощности дозы		Мощность дозы $\dot{H}_{при}^*(10)$, мкЗв/ч	Относительная погрешность $\theta_{при}$, %	Доверительные границы основной относительной погрешности Δ_i , %	Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %
				Измеренное значение $\dot{H}_i^*(10)$, мкЗв/ч	Среднее арифметическое измеренных значений $\bar{\dot{H}}_i^*(10)$, мкЗв/ч				
Фон									±20
1 – 10									
20 – 100									
$2 \cdot 10^2 - 10^3$									
$2 \cdot 10^3 - 10^4$									

ЗАКЛЮЧЕНИЕ _____

Свидетельство (заключение о непригодности) № _____ от _____

Поверитель _____

должность

подпись

расшифровка подписи



Библиография

- [1] Санитарные нормы и правила «Требования к радиационной безопасности»
Утверждены постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28 декабря 2012 г. №213
- [2] 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
- [3] Гигиенический норматив «Критерии оценки радиационного воздействия»
Утвержден постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28 декабря 2012 г. №213
- [4] МИ 2513-99 ГСОЕИ «Радиометры нейтронов. Методика поверки на установках типа УКПН (КИС-НРД-МБм)»



Лист регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в документе	№ документа	Входящий № сопроводительного документа и дата	Подпись	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных					
1	-	2-30	31	-	31	ТИАЯ.40-2020		<i>А.А.А.</i>	23.04.2020

