

СОГЛАСОВАНО

Директор УП «АТОМТЕХ»

 В.А.Кожемякин

«12» 07 2022



УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель директора –  
руководитель Центра эталонов, поверки  
и калибровки БелГИМ

А.С.Волынец

«12» 07 2022



Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь

### СПЕКТРОМЕТРЫ МКС-АТ6101

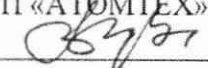
Методика поверки

МРБ МП.3348 -2022

РАЗРАБОТЧИК:


Главный метролог – начальник отдела  
радиационной метрологии

УП «АТОМТЕХ»

 В.Д.Гузов

«12» 07 2022

Начальник лаборатории программного  
обеспечения УП «АТОМТЕХ»

 Е.В.Быстров

«12» 07 2022

Заместитель начальника сектора  
радиометрии и спектрометрии

УП «АТОМТЕХ»

 А.Н.Толкачёв

«12» 07 2022

КОПИЯ ВЕРНА

Директор  
20.10.2022

 В.А.Кожемякин



Шкв. N15159

## Содержание

1	Нормативные ссылки .....	3
2	Операции поверки .....	4
3	Средства поверки.....	5
4	Требования к квалификации поверителей .....	5
5	Требования безопасности .....	6
6	Условия поверки и подготовка к ней .....	6
7	Проведение поверки.....	6
7.1	Внешний осмотр.....	6
7.2	Опробование .....	7
7.3	Определение метрологических характеристик .....	8
8	Оформление результатов поверки .....	17
Приложение А (обязательное) Обязательные метрологические требования .....		18
Приложение Б (рекомендуемое) Форма протокола поверки.....		20
Библиография .....		24



Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на спектрометры МКС-АТ6101С, МКС-АТ6101СМ, МКС-АТ6101СЕ (далее – спектрометры), изготовленные по ТУ ВУ 100865348.018-2021, производства УП «АТОМТЕХ» и устанавливает методы и средства государственной поверки.

Настоящая МП разработана в соответствии с [1], [2], СТБ 8065, СТБ 8067, ГОСТ 8.355.

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

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

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

Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при 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

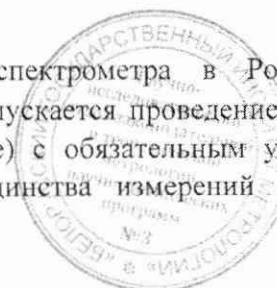
2.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции при	
		первичной государственной поверке	последующей государственной поверке
1 Внешний осмотр	7.1	Да	Да
2 Опробование	7.2	Да	Да
3 Определение метрологических характеристик:	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 для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида $^{137}\text{Cs}$	7.3.2	Да	Да
3.3 Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида $^{137}\text{Cs}$ источника типа ОСГИ-3	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 чувствительности спектрометра МКС-АТ6101СЕ с БДКГ-35 к гамма-излучению источника с радионуклидом $^{137}\text{Cs}$ типа ОСГИ-3, расположенного вплотную к поверхности БДКГ-35	7.3.5	Да	Да
3.6 Определение скорости счета фоновых импульсов нейтронного излучения спектрометров с БДКН-05 (БДКН-05М)	7.3.6	Да	Да
3.7 Определение чувствительности спектрометров с БДКН-05 (БДКН-05М) к прямому нейтронному излучению плутоний-бериллиевого источника	7.3.7	Да	Да
4 Оформление результатов поверки	8.1 – 8.4	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 (поверка в сокращенном объеме) с обязательным указанием в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений сведений об объеме проведенной поверки в соответствии с [3].



### 3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки должны применяться 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 допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,3$ °С, диапазон измерений относительной влажности от 0 % до 98 %, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности $\pm 2$ %, диапазон измерений атмосферного давления от 700 до 1100 гПа, пределы допускаемой 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 $\pm 15$ %
7.1	—
7.2	—
7.3.1 – 7.3.3, 7.3.5	Эталонные спектрометрические источники гамма-излучения типа ОСГИ-3, активность от 3 до 180 кБк, поток фотонов в телесный угол $4\pi$ ср от $7 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^5$ имп·с <sup>-1</sup> , погрешность не более $\pm 6$ %
7.3.4	Установка дозиметрическая гамма-излучения эталонная по ГОСТ 8.087 рабочий эталон 1-го или 2-го разряда по СТБ 8083 с набором источников <sup>137</sup> Cs, диапазон измерений мощности кермы в воздухе от 0,025 мкГр/ч до 7,0 Гр/ч, доверительные границы относительной погрешности (P=0,95) не более $\pm 5$ %
7.3.6, 7.3.7	Установка нейтронного излучения эталонная по ГОСТ 8.031 типа УКПН-1, УКПН-1М, КИС-НРД-МБм или УПН-АТ140 с комплектом плутоний-бериллиевых источников быстрых нейтронов типа ИБН, поток быстрых нейтронов от источника в телесный угол $4\pi$ ср от $3 \cdot 10^5$ до $5 \cdot 10^7$ нейтр·с <sup>-1</sup> , плотность потока быстрых нейтронов на расстоянии 1 м от источника от 2,5 до 500 нейтр·с <sup>-1</sup> ·см <sup>-2</sup> , диапазон измерений мощности амбиентного эквивалента дозы нейтронного излучения от 1,0 до $1 \cdot 10^4$ мкЗв/ч, погрешность не более $\pm 8$ %
Примечания	
1 Все средства поверки должны иметь действующие знаки поверки (калибровки) и (или) свидетельства о поверке (калибровке).	
2 Допускается применение других средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых спектрометров с требуемой точностью.	
3 Переход к единицам амбиентной дозы (Зв) от единиц кермы в воздухе (Гр) для гамма-излучения источника <sup>137</sup> Cs осуществляется с помощью коэффициента преобразования, равного 1,20 Зв/Гр.	

### 4 Требования к квалификации поверителей

4.1 К проведению измерений при поверке и (или) обработке результатов измерений допускают государственные поверители, подтвердившие соответствие компетентности в выполнении работ в данной области 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 для оборудования класса защиты III по ГОСТ 12.2.007.0;
- требования инструкции по технике безопасности и по радиационной безопасности, утвержденные руководителем организации;
- требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации на применяемые средства поверки.

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

## 6 Условия поверки и подготовка к ней

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- |                                   |                       |
|-----------------------------------|-----------------------|
| – температура окружающей среды    | 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 При подготовке к поверке необходимо:

- ознакомиться с руководством по эксплуатации (далее – РЭ) и руководством оператора (программа «Radiation Scanner Assistant») (далее – РО) на спектрометры и с эксплуатационной документацией на портативный компьютер (далее – ПК), входящий в комплект поставки спектрометров;
- выдержать спектрометр в укладочном футляре в условиях по 6.1 в течение 2 ч;
- извлечь составные части спектрометра из укладочного футляра и расположить их на рабочем месте;
- подготовить средства поверки в соответствии с их эксплуатационной документацией.

6.3 Поверка спектрометров осуществляется с использованием адаптера ВТ-DU3 и ПК с полностью заряженными встроенными аккумуляторами.

## 7 Проведение поверки

### 7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

- отсутствие на составных частях спектрометра следов коррозии, загрязнений, механических повреждений, влияющих на работу;
- соответствие комплектности поверяемого спектрометра требованиям раздела 1 РЭ в объеме, необходимом для поверки;
- наличие свидетельства о предыдущей государственной поверке (при наличии и необходимости);
- наличие и четкость маркировки;
- наличие целостности пломб на составных частях спектрометра.

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







### 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 проверка диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения спектрометров МКС-АТ6101С с БДКГ-11М, МКС-АТ6101СМ с БДКГ19М и МКС-АТ6101СЕ с БДКГ-05С проводят в следующей последовательности:

- а) включают спектрометр и проводят стабилизацию в соответствии с разделом 2 РЭ;
- б) выбирают команду «Меню→Настройки→Основные→Время набора спектра в спектрометрическом режиме», устанавливают время набора спектра не менее 1800 с;
- в) переводят спектрометр в спектрометрический режим выбором команды «Меню→Спектрометрический режим», вводят пароль.

Примечание – Паролем являются четыре цифры, соответствующие текущему значению времени на портативном компьютере (часы и минуты);

- г) устанавливают поочередно эталонные источники гамма-излучения типа ОСГИ-3 с радионуклидами, указанными в таблице 7.2, перед боковой поверхностью блока детектирования (далее – БД) напротив метки центра детектора;

Таблица 7.2

Номер контрольной точки $i$	Радионуклид	Энергия гамма-излучения $E_{0i}$ ,
		кэВ
1	$^{137}\text{Cs}$	32
2	$^{137}\text{Cs}$	662
3	$^{241}\text{Am}$	60
4	$^{139}\text{Ce}$	166
5	$^{113}\text{Sn}$	392
6	$^{54}\text{Mn}$	835
7	$^{22}\text{Na}$	1275
8	$^{88}\text{Y}$	1836
9	$^{228}\text{Th}$	2614

- д) инициируют процесс нового набора спектра выбором команды «Меню→Перезапуск набора»;

е) оценивают значение интегральной скорости счета импульсов по спектру от источника гамма-излучения, индицируемое на экране ПК, в соответствии с разделом 2 РО. Интегральная скорость счета импульсов должна находиться в пределах от 250 до 10000 имп·с<sup>-1</sup>. Если это требование не выполняется, то изменяют расстояние между источником и БД и повторяют операции в соответствии с 7.3.1 (д), е));

ж) измеряют спектр от источника гамма-излучения до достижения значения интегрального числа импульсов в пике полного поглощения (ППП) не менее  $10^4$ , при этом энергия гамма-излучения для каждого выбранного источника указана в таблице 7.2. Интегральное число импульсов в ППП определяется в соответствии с разделом 2 РО;

- и) устанавливают подвижный маркер в область ППП, соответствующего энергии гамма-излучения, указанной в таблице 7.2, для каждого выбранного источника;



к) определяют положение ППП и соответствующее ему значение энергии гамма-излучения  $E_i$ , кэВ, в соответствии с разделом 2 РО;

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

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

где  $\Delta E_{max}$  – максимальное значение разностей энергий, рассчитанных по формуле

$$\Delta E_i = |E_{0i} - E_i|;$$

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

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

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

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

### 7.3.2 Определение относительного энергетического разрешения для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида $^{137}\text{Cs}$

Определение относительного энергетического разрешения спектрометров МКС-АТ6101С с БДКГ-11М, МКС-АТ6101СМ с БДКГ-19М и МКС-АТ6101СЕ с БДКГ-05С для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  проводят в следующей последовательности:

а) выполняют операции в соответствии с 7.3.1 (а)-в);

б) размещают и фиксируют вплотную к боковой поверхности корпуса БД эталонный источник гамма-излучения с радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$  типа ОСГИ-3, при этом активная часть источника должна находиться напротив метки центра детектора.

Примечание – Активность эталонного источника гамма-излучения с радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$  типа ОСГИ-3 выбирается в диапазоне от 8 до 20 кБк таким образом, чтобы входная статистическая загрузка не превышала  $3000 \text{ имп}\cdot\text{с}^{-1}$ ;

в) инициируют процесс нового набора спектра выбором команды «Меню→Перезапуск набора»;

г) измеряют спектр гамма-излучения от источника типа ОСГИ-3 до достижения интегрального числа импульсов в ППП с энергией 662 кэВ не менее  $2 \cdot 10^4$ . Интегральное число импульсов в ППП определяется в соответствии с разделом 3 РЭ;

д) устанавливают подвижный маркер в область ППП, соответствующего энергии гамма-излучения 662 кэВ;

е) определяют относительное энергетическое разрешения  $R$ , %, в соответствии с разделом 2 РО.

Результаты поверки считают положительными, если относительное энергетическое разрешение для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  не превышает:

- 8,5 % – для МКС-АТ6101С с БДКГ-11М;
- 9,0 % – для МКС-АТ6101СМ с БДКГ-19М;
- 3,7 % – для МКС-АТ6101СЕ с БДКГ-05С.

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



### 7.3.3 Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида $^{137}\text{Cs}$ источника типа ОСГИ-3

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

- а) выполняют операции в соответствии с 7.3.1 (а);
- б) выбирают команду «Меню→Настройки→Основные→Время набора спектра в спектрометрическом режиме» и устанавливают время набора спектра 200 с;
- в) выполняют операции в соответствии с 7.3.2 (б-в));
- г) измеряют спектр от эталонного источника гамма-излучения с радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$  типа ОСГИ-3. По истечении заданного времени набора измерение спектра будет автоматически остановлено;
- д) устанавливают подвижный маркер в область ППП, соответствующего энергии гамма-излучения 662 кэВ;
- е) определяют центр ППП, соответствующее ему значение энергии гамма-излучения  $E$ , кэВ, и относительное энергетическое разрешение  $R$ , %, в соответствии с разделом 2 РО;
- ж) определяют левую  $E_n$ , кэВ, и правую  $E_p$ , кэВ, границы ППП по формулам

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

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

- и) выделяют энергетическое окно, установив подвижные маркеры в позиции, примерно соответствующие значениям энергий  $E_n$  и  $E_p$ ;
- к) считывают с экрана ПК измеренную интегральную скорость счета импульсов  $N$ , имп·с<sup>-1</sup>, в выделенном энергетическом окне [ $E_n$ ,  $E_p$ ];
- л) удаляют источник гамма-излучения с корпуса БД и измеряют фоновый спектр в течение 200 с, устанавливают подвижные маркеры в позиции, примерно соответствующие значениям энергий  $E_n$  и  $E_p$ ;
- м) считывают с экрана ПК измеренную фоновую скорость счета импульсов  $N_\phi$ , имп·с<sup>-1</sup>, в выделенном энергетическом окне;
- н) определяют эффективность регистрации в ППП  $\varepsilon$ , %, для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  по формуле

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

где  $A_0$  – активность эталонного источника гамма-излучения с радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$  на дату его поверки (из свидетельства о поверке), Бк;

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

$t$  – время, прошедшее от даты поверки эталонного источника гамма-излучения до даты измерения, сут;



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

Результаты поверки считают положительными, если эффективность регистрации в ППП для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  не менее:

- 5,6 % – для МКС-АТ6101С с БДКГ-11М;
- 8,8 % – для МКС-АТ6101СМ с БДКГ-19М;
- 3,0 % – для МКС-АТ6101СЕ с БДКГ-05С.

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

**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 в контрольных точках в соответствии с таблицей 7.3 для спектрометров МКС-АТ6101С с БДКГ-11М и МКС-АТ6101СЕ с БДКГ-05С, таблицей 7.4 – для спектрометра МКС-АТ6101СМ с БДКГ-19М проводят на эталонной дозиметрической установке гамма-излучения с набором источников  $^{137}\text{Cs}$  в следующей последовательности:

- а) выполняют операции в соответствии с 7.3.1 (а);
- б) устанавливают БДКГ-11М (БДКГ-05С, БДКГ-19М) на эталонную дозиметрическую установку таким образом, чтобы центральная ось пучка излучения проходила через метку на боковой поверхности корпуса БД и перпендикулярно ей;

Таблица 7.3

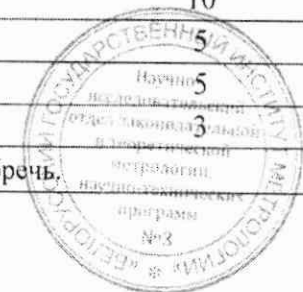
Номер контрольной точки $i$	Мощность дозы гамма-излучения $\dot{H}_{0i}^*(10)$ , мкЗв/ч	Измерение мощности дозы гамма-излучения спектрометрами МКС-АТ6101С с БДКГ-11М и МКС-АТ6101СЕ с БДКГ-05С	
		Количество измерений	Статистическая погрешность, %, не более
1	0,07	3	10
2	0,70	3	5
3	7,00	3	5
4	70,0	3	3
5	130,0	3	3
6	240,0	3	3

Примечания  
 1 В контрольных точках 4 – 6 значением фона можно пренебречь.  
 2 В контрольной точке 6 проверяют только спектрометр МКС-АТ6101СЕ.

Таблица 7.4

Номер контрольной точки $i$	Мощность дозы гамма-излучения $\dot{H}_{0i}^*(10)$ , мкЗв/ч	Измерение мощности дозы гамма-излучения спектрометром МКС-АТ6101СМ с БДКГ-19М	
		Количество измерений	Статистическая погрешность, %, не более
1	0,07	3	10
2	0,70	3	
3	7,0	3	
4	40,0	3	

Примечание – В контрольной точке 4 значением фона можно пренебречь.



в) устанавливают БД в  $i$ -ю контрольную точку на расстоянии  $r_i$ , мм, от центра источника с радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$  до боковой поверхности БД, при этом:

- $r_i = r_{0i} - 33$  мм – для БДКГ-11М;
- $r_i = r_{0i} - 27$  мм – для БДКГ-19М;
- $r_i = r_{0i} - 28$  мм – для БДКГ-05С,

где  $r_{0i}$  – расстояние, мм, соответствующее действительному значению мощности дозы  $\dot{H}_i^*(10)$  в  $i$ -й контрольной точке по данным свидетельства о поверке дозиметрической установки.

Примечание – Расстояние  $r_i$ , мм, для БДКГ-19М должно составлять на эталонной дозиметрической установке, не менее:

- 700 мм – при измерении с коллиматором диаметром 60 мм;
- 500 мм – при измерении с коллиматором диаметром 90 мм;

г) проводят измерение мощности дозы фона  $\dot{H}_{\text{ф}i}^*(10)$  в  $i$ -й контрольной точке со статистической погрешностью не более 5 %;

д) подвергают БД воздействию излучения с заданной мощностью дозы  $\dot{H}_{0i}^*(10)$  и измеряют мощность дозы  $\dot{H}_i^*(10)$  в  $i$ -й контрольной точке;

е) определяют среднее арифметическое измеренных значений  $\bar{\dot{H}}_i^*(10)$  и принимают его за результат измерения мощности дозы в  $i$ -й контрольной точке;

ж) вычисляют для  $i$ -й контрольной точки доверительные границы основной относительной погрешности  $\Delta$  (без учета знака), %, при доверительной вероятности 0,95 по формуле

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

где  $\theta_{0i}$  – основная относительная погрешность дозиметрической установки в  $i$ -й контрольной точке (из свидетельстве о поверке), %;

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

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

Результаты поверки считают положительными, если значения  $\Delta$  не превышают  $\pm 20$  %.

Результаты измерений заносят в протокол поверки (таблицы Б.6 и Б.7, приложение Б).

**7.3.4.2** Определение основной относительной погрешности при измерении мощности дозы гамма-излучения в контрольных точках в соответствии таблицей 7.5 для спектрометров МКС-АТ6101С с БДКГ-04 и МКС-АТ6101СМ с БДКГ-04 проводят на эталонной дозиметрической установке гамма-излучения с набором источников  $^{137}\text{Cs}$  в следующей последовательности:

а) включают ПК, запускают программу «RadiationScannerAssistant» и выбирают «Меню→Настройки→Основные→Режим поверки», переводят переключатель в активное состояние – «Включено».



Примечание – Включение режима поверки в настройках спектрометра позволяет проводить необходимые проверки с БДКГ-35, БДКГ-04, БДКН-05, БДКН-05М без одновременного подключения БД (БДКГ-11М, БДКГ-19М, БДКГ-05С);

б) подключают БДКГ-04 к адаптеру ВТ-DU3 с помощью кабеля БД и включают спектрометр;

в) устанавливают БДКГ-04 на эталонную дозиметрическую установку таким образом, чтобы центральная ось пучка излучения проходила через метку на торцевой поверхности корпуса (на защитном колпачке);

Таблица 7.5

Номер контрольной точки $i$	Мощность дозы гамма-излучения $\dot{H}_{0i}^*(10)$	Измерение мощности дозы гамма-излучения спектрометрами МКС-АТ6101С с БДКГ-04 и МКС-АТ6101СМ с БДКГ-04	
		Количество измерений	Статистическая погрешность, %, не более
1	0,07 мкЗв/ч	3	10
2	0,7 мкЗв/ч	3	5
3	7,0 мкЗв/ч	3	3
4	70,0 мкЗв/ч	3	2
5	0,7 мЗв/ч	3	2
6	7,0 мЗв/ч	3	2
7	70,0 мЗв/ч	3	2
8	0,7 Зв/ч	3	2
9	7,0 Зв/ч	3	2

Примечание – В контрольных точках 4 – 9 значением фона можно пренебречь.

г) устанавливают БДКГ-04 в  $i$ -ю контрольную точку на расстоянии  $r_i$ , мм, от центра источника с радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$  до кольцевой риски на корпусе БДКГ-04.

Примечание – Расстояние  $r_i$  соответствует действительному значению мощности дозы  $\dot{H}_i^*(10)$  в  $i$ -й контрольной точке по данным свидетельства о поверке дозиметрической установки;

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

е) подвергают БДКГ-04 воздействию излучения с заданной мощностью дозы  $\dot{H}_{0i}^*(10)$  и измеряют мощность дозы  $\dot{H}_i^*(10)$  в  $i$ -й контрольной точке;

ж) определяют среднее арифметическое измеренных значений  $\bar{\dot{H}}_i^*(10)$  и принимают его за результат измерения мощности дозы в  $i$ -й контрольной точке;

и) вычисляют для  $i$ -й контрольной точки доверительные границы основной относительной погрешности  $\Delta$  (без учета знака), %, при доверительной вероятности 0,95 по формуле (5).

Результаты поверки считают положительными, если значения  $\Delta$  не превышают  $\pm 20$  %.

Результаты измерений заносят в протокол поверки (таблица Б.8, приложение Б).



### 7.3.5 Определение чувствительности спектрометра МКС-АТ6101СЕ с БДКГ-35 к гамма-излучению источника с радионуклидом $^{137}\text{Cs}$ типа ОСГИ-3, расположенного вплотную к поверхности БДКГ-35

Определение чувствительности спектрометра МКС-АТ6101СЕ с БДКГ-35 к гамма-излучению источника с радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$  типа ОСГИ-3, расположенного вплотную к поверхности БДКГ-35, проводят в следующей последовательности:

- выполняют операции в соответствии с 7.3.4.2 (а);
- подключают БДКГ-35 к адаптеру ВТ-DU3 с помощью кабеля БД и включают спектрометр;
- измеряют скорость счета фоновых импульсов гамма-излучения  $N_{\phi}$ , имп·с<sup>-1</sup>, три раза со статистической погрешностью не более 2%. Определяют среднее арифметическое измеренных значений  $\bar{N}_{\phi}$ , имп·с<sup>-1</sup>;
- размещают и фиксируют вплотную к боковой поверхности БДКГ-35 эталонный источник гамма-излучения с радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$  типа ОСГИ-3, при этом активная часть источника должна находиться напротив метки центра детектора;
- измеряют скорость счета импульсов гамма-излучения  $N$ , имп·с<sup>-1</sup>, три раза со статистической погрешностью не более 2%, при этом входная статистическая нагрузка должна быть не более 15000 имп·с<sup>-1</sup>. Определяют среднее арифметическое измеренных значений  $\bar{N}$ , имп·с<sup>-1</sup>;
- определяют чувствительность  $S$ , (имп·с<sup>-1</sup>)/кБк, спектрометра МКС-АТ6101СЕ с БДКГ-35 к гамма-излучению источника с радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$ , по формуле

$$S = \frac{\bar{N} - \bar{N}_{\phi}}{A}, \quad (7)$$

где  $A$  – активность эталонного источника на дату измерения, кБк, определяемая по формуле

$$A = A_0 \cdot e^{-\frac{0,693t}{T_{1/2}}}, \quad (8)$$

где  $A_0$  – значение активности источника гамма-излучения с радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$  на дату его поверки (из свидетельства о поверке), кБк;

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

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

Результаты проверки считают положительными, если значение чувствительности спектрометра МКС-АТ6101СЕ с БДКГ-35 к гамма-излучению источника с радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$  типа ОСГИ-3, расположенного вплотную к поверхности БДКГ-35, составляет не менее 80 (имп·с<sup>-1</sup>)/кБк.

Результаты измерений заносят в протокол поверки (таблица Б.9, приложение Б).

### 7.3.6 Определение скорости счета фоновых импульсов нейтронного излучения спектрометров с БДКН-05 (БДКН-05М)

Определение скорости счета фоновых импульсов нейтронного излучения спектрометра МКС-АТ6101С с БДКН-05 (БДКН-05М) (МКС-АТ6101СМ с БДКН-05М, МКС-АТ6101СЕ с БДКН-05М) при естественном нейтронном фоне проводят в следующей последовательности:

- выполняют операции в соответствии с 7.3.4.2 (а);
- подключают БДКН-05 (БДКН-05М) к адаптеру ВТ-DU3 с помощью кабеля БД и включают спектрометр;







$N_c$  – скорость счета импульсов нейтронного излучения, измеренная с установленным между источником и БДКН-05 (БДКН-05М) теневым конусом со статистической погрешностью не более 2 %, имп·с<sup>-1</sup>.

Значение произведения  $b(r_0) \cdot K$  на расстоянии  $r_0 = 100$  см для данной установки типа УКНП определяют по формуле

$$b(r_0) \cdot K = \frac{S_0 \cdot \varphi(r_0)}{N}, \quad (11)$$

где  $S_0$  – чувствительность спектрометра, определенная в условиях открытой геометрии, (имп·с<sup>-1</sup>)/(нейтр·с<sup>-1</sup>·см<sup>-2</sup>);

$\varphi(r_0)$  – плотность потока нейтронов на расстоянии  $r_0$  для установки типа УКНП (из свидетельства о поверке), нейтр·с<sup>-1</sup>·см<sup>-2</sup>.

Полученное по формуле (11) значение произведения  $b(r_0) \cdot K$  используют при последующих проверках спектрометров с БДКН-05 (БДКН-05М) на данной установке типа УКНП.

Результаты поверки считают положительными, если значения чувствительности к прямому нейтронному излучению плутоний-бериллиевого источника составляют не менее 7,5 (имп·с<sup>-1</sup>)/(нейтр·с<sup>-1</sup>·см<sup>-2</sup>) для спектрометров с БДКН-05 и не менее 5,5 (имп·с<sup>-1</sup>)/(нейтр·с<sup>-1</sup>·см<sup>-2</sup>) для спектрометров с БДКН-05М.

Результаты измерений заносят в протокол поверки (таблица Б.11, приложение Б).



## 8 Оформление результатов поверки

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

8.2 При положительных результатах поверки спектрометра:

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

– делают запись в разделе «Свидетельство о приемке» РЭ даты проведения первичной поверки, заверенной подписью и оттиском государственного поверителя;

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

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



**Приложение А**  
**(обязательное)**  
**Обязательные метрологические требования**

Таблица А.1

Наименование	Значение
Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения, кэВ	от 20 до 3000
Пределы допускаемой основной относительной погрешности характеристики преобразования, %	$\pm 1$
Относительное энергетическое разрешение спектрометров для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида $^{137}\text{Cs}$ , %, не более: для МКС-АТ6101С с БДКГ-11М для МКС-АТ6101СМ с БДКГ-19М для МКС-АТ6101СЕ с БДКГ-05С	8,5 9,0 3,7
Эффективность регистрации спектрометров в пике полного поглощения для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида $^{137}\text{Cs}$ источника типа ОСГИ-3, %, не менее: для МКС-АТ6101С с БДКГ-11М для МКС-АТ6101СМ с БДКГ-19М для МКС-АТ6101СЕ с БДКГ-05С	5,6 8,8 3,0
Диапазон измерений мощности дозы гамма-излучения:	
МКС-АТ6101С с БДКГ-11М	от 0,03 до 150 мкЗв/ч
	Поддиапазоны измерений
	от 0,03 до 0,4 мкЗв/ч   от 0,4 до 150 мкЗв/ч
МКС-АТ6101СМ с БДКГ-19М	от 0,03 до 50 мкЗв/ч
	Поддиапазоны измерений
	от 0,03 до 0,4 мкЗв/ч   от 0,4 до 50 мкЗв/ч
МКС-АТ6101СЕ с БДКГ-05С	от 0,03 до 300 мкЗв/ч
	Поддиапазоны измерений
	от 0,03 до 0,4 мкЗв/ч   от 0,4 до 300 мкЗв/ч
МКС-АТ6101С с БДКГ-04 и МКС-АТ6101СМ с БДКГ-04	от 0,05 мкЗв/ч до 10 Зв/ч
	Поддиапазоны измерений
	от 0,05 до 0,4 мкЗв/ч   от 0,4 мкЗв/ч до 1 Зв/ч   от 1 до 10 Зв/ч
Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении мощности дозы гамма-излучения, %	$\pm 20$



Наименование	Значение
Чувствительность спектрометра МКС-АТ6101СЕ с БДКГ-35 к гамма-излучению источника с радионуклидом $^{137}\text{Cs}$ типа ОСГИ-3, расположенного вплотную к поверхности БДКГ-35, (имп·с <sup>-1</sup> )/кБк, не менее	80
Скорость счета фоновых импульсов нейтронного излучения спектрометров с БДКН-05 (БДКН-05М), имп·с <sup>-1</sup> , не более	0,25
Чувствительность спектрометров с БДКН-05 (БДКН-05М) к прямому нейтронному излучению плутоний-бериллиевого источника, (имп·с <sup>-1</sup> )/(нейтр·с <sup>-1</sup> ·см <sup>2</sup> ), не менее	7,5
для спектрометров с БДКН-05	5,5
для спектрометров с БДКН-05М	5,5



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

\_\_\_\_\_ наименование организации, проводящей поверку

**Протокол № \_\_\_\_\_**

поверки спектрометра МКС-АТ6101С \_\_\_ зав.№ \_\_\_\_\_

принадлежащего \_\_\_\_\_ наименование организации

Изготовитель \_\_\_\_\_ наименование изготовителя

Дата проведения поверки \_\_\_\_\_ год, месяц, число

Поверка проводилась по \_\_\_\_\_ документ, по которому проводилась поверка

Средства поверки

**Таблица Б.1**

Наименование и тип СИ	Заводской номер

Условия поверки:

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

Результаты поверки:

**Б.1 Внешний осмотр** \_\_\_\_\_ соответствует/не соответствует

**Б.2 Опробование** \_\_\_\_\_ соответствует/не соответствует

