

УТВЕРЖДАЮ

Директор УП «АТОМТЕХ»


В.А. Кожемякин

« _____ » 2014 г.



УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ГЦИ СИ ФГУП
«ВНИИМ им Д.И. Менделеева»


Н.И. Ханов

« _____ » 2014 г.



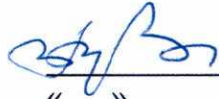
СПЕКТРОМЕТРЫ МКС-АТ6101

Методика поверки

ТИАЯ.412155.002 МП

(раздел 6 Руководства по эксплуатации)

Начальник отдела
радиационной метрологии
УП «АТОМТЕХ»


В.Д. Гузов
« _____ » 2014

Руководитель отдела измерений
ионизирующих излучений
ГЦИ СИ ФГУП
«ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»


С.Г. Трофимчук
« _____ » 2014

Содержание

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

1 Вводная часть

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на спектрометры МКС-АТ6101 МКС-АТ6101А, МКС-АТ6101В, МКС-АТ6101Д, МКС-АТ6101С (далее спектрометры) с датой выпуска, начиная с 01.01.2014.

Методика поверки устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки и соответствует ГОСТ 26874-84 «Спектрометры энергий ионизирующих излучений. Методы измерений основных параметров», Методическим указаниям МИ 1788-87 «Приборы дозиметрические для измерения экспозиционной дозы и мощности экспозиционной дозы, поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы в воздухе фотонного излучения. Методика поверки», ГОСТ 8.040-84 «Радиометры загрязненности поверхностей бета-активными веществами. Методика поверки», ГОСТ 8.041-84 «Радиометры загрязненности поверхностей альфа-активными веществами. Методика поверки», ГОСТ 8.355-79 «Радиометры нейтронов. Методы и средства поверки».

1.2 Первичной поверке подлежат спектрометры, выпускаемые из производства

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

Межповерочный интервал – 12 мес.

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

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

2 Операции поверки

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

Таблица 2.1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7.1	Да	Да
2 Опробование	7.2	Да	Да
3 Определение метрологических характеристик:	7.3	Да	Да
3.1 определение основной относительной погрешности характеристики преобразования и диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения;	7.3.1, 7.3.2	Да	Да
3.2 определение относительного энергетического разрешения;	7.3.3, 7.3.4	Да	Да
3.3 определение эффективности регистрации в пике полного поглощения с энергией гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ¹³⁷ Cs;	7.3.5, 7.3.6	Да	Да

Продолжение таблицы 2.1

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
3.4 определение основной относительной погрешности измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (мощности амбиентной дозы) гамма-излучения (для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В, МКС-АТ6101Д, МКС-АТ6101С);	7.3.7 - 7.3.10	Да	Да
3.5 определение основной относительной погрешности измерения плотности потока альфа-излучения (для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В);	7.3.11	Да	Да
3.6 определение основной относительной погрешности измерения плотности потока бета-излучения (для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В);	7.3.12	Да	Да
3.7 определение уровня собственного фона спектрометра МКС-АТ6101С с блоком детектирования нейтронного излучения БДКН-05;	7.3.13	Да	Да
3.8 определение чувствительности спектрометра МКС-АТ6101С с блоком детектирования нейтронного излучения БДКН-05 к нейтронному излучению плутоний-бериллиевого источника	7.3.14	Да	Да
4 Оформление результатов поверки	8.1 - 8.3	Да	Да

3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки должны применяться средства измерения и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип эталонов и вспомогательных средств поверки	Метрологические и основные технические характеристики
7.3.1 - 7.3.6	Эталонные спектрометрические 2-го разряда источники гамма-излучения типа ОСГИ- 3 № г/р 46383-11 из радионуклидов ^{241}Am , ^{57}Co , ^{139}Ce , ^{113}Sn , ^{54}Mn , ^{22}Na , ^{88}Y , ^{228}Th , ^{137}Cs	Активность от 3 до 180 кБк. Поток фотонов в телесный угол 4π стерадиан от $7 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^5 \text{ c}^{-1}$. Погрешность аттестации по активности не более $\pm 6 \%$

Продолжение таблицы 3.1

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип эталонов и вспомогательных средств поверки	Метрологические и основные технические характеристики
7.3.7 - 7.3.10	Эталонная дозиметрическая установка гамма-излучения по ГОСТ 8.087-2000 с набором источников ^{137}Cs	Диапазон измерения мощности кермы в воздухе от 0,025 мкГр/ч до 8,33 мГр/ч. Погрешность аттестации установки не более $\pm 5\%$
7.3.11	Эталонные 2-го разряда по ГОСТ 8.033-96 источники альфа-излучения с радионуклидом ^{239}Pu типов 4П9, 5П9, 6П9 с площадью рабочей поверхности 40, 100 и 160 см ² соответственно	Активность от 25 до $4 \cdot 10^5$ Бк. Плотность потока от 0,5 до 10^5 мин ⁻¹ ·см ⁻² . Погрешность аттестации источников по активности и потоку не более $\pm 6\%$
7.3.12	Эталонные 2-го разряда по ГОСТ 8.033-96 источники бета-излучения с радионуклидом $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ типов 4С0, 5С0, 6С0 с площадью рабочей поверхности 40, 100 и 160 см ² соответственно	Активность от 40 до $2 \cdot 10^6$ Бк Плотность потока от 3 до $5 \cdot 10^5$ мин ⁻¹ ·см ⁻² . Погрешность аттестации источников по активности и потоку не более $\pm 6\%$
7.3.14	Эталонные плутоний-бериллиевые источники быстрых нейтронов по ГОСТ 8.031-82 типа ИБН, применяемые в открытой геометрии или в установках типов УКПН-1, УКПН-1М, КИС-НРД-МБм	Поток быстрых нейтронов от источника в телесный угол 4π от $3 \cdot 10^5$ до $5 \cdot 10^7$ с ⁻¹ . Плотность потока нейтронов на расстоянии 1 м от источника 2,5 – 500 с ⁻¹ ·см ⁻² . Погрешность аттестации по плотности потока не более $\pm 8\%$
6.1	Термометр	Цена деления 1 °С. Диапазон измерения температуры от 10 до 40 °С
6.1	Барометр	Цена деления 1 кПа. Диапазон измерения атмосферного давления от 60 до 120 кПа
6.1	Измеритель влажности	Диапазон измерения относительной влажности воздуха от 20 до 90 %. Погрешность измерения не более $\pm 5\%$
6.1	Дозиметр гамма-излучения	Диапазон измерения внешнего фона от 0,1 до 10 мкЗв/ч; допускаемая основная относительная погрешность $\pm 20\%$.

Примечания

1 Все средства измерений должны иметь действующие клейма и (или) свидетельство о проведении поверки. Допускается применять другие средства измерений с метрологическими характеристиками, не хуже указанных.

2 Толщина обоймы источников типа ОСГИ-3 должна быть $(3,0 \pm 0,1)$ мм.

3 Переход к единицам амбиентной дозы (Зв) от единиц кермы в воздухе (Гр) для гамма-излучения источника ^{137}Cs осуществляется с помощью коэффициента преобразования, равного 1,20 Зв/Гр.

4 Требования к квалификации поверителей

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

5 Требования безопасности

5.1 По степени защиты от поражения электрическим током спектрометры соответствуют оборудованию класса III по ГОСТ 12.2.091-2002, а сетевой адаптер, входящий в комплект поставки спектрометров и используемый для заряда блока аккумуляторов – оборудованию класса II по СТБ МЭК 60065-2004.

5.2 При проведении поверки должны быть соблюдены требования СанПиН от 31.12.2013 №137, СанПиН от 28.12.2012 №213 и ГН от 28.12.2012 №213.

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

6 Условия поверки и подготовка к ней

6.1 Поверку необходимо проводить в следующих условиях:

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

6.2 Перед проведением поверки необходимо:

а) внимательно ознакомиться с руководством по эксплуатации (далее РЭ) на спектрометр, руководством оператора (далее РО) “АТAS Scanner Mobile” на спектрометр МКС-АТ6101С и РЭ на портативный компьютер (далее ПК), входящий в комплект поставки спектрометра МКС-АТ6101С;

б) выдержать спектрометр в укладочном футляре в нормальных условиях в течение 2 ч;

в) извлечь составные части спектрометра из укладочного футляра и расположить их на рабочем месте;

г) подготовить средства измерений и вспомогательное оборудование к поверке в соответствии с их технической документацией.

6.3 Поверка спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101А, МКС-АТ6101В, МКС-АТ6101Д осуществляется с использованием блока обработки информации (БОИ) с полностью заряженными встроенными аккумуляторами спектрометров. Поверка спектрометра МКС-АТ6101С осуществляется с использованием адаптера BT-DU и ПК с полностью заряженными встроенными аккумуляторами.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При проведении внешнего осмотра проверяют:

- а) соответствие комплектности поверяемого спектрометра требованиям раздела 1 РЭ в объеме, необходимом для поверки;
- б) наличие свидетельства о предыдущей поверке (при периодической поверке);
- в) наличие четких маркировочных надписей на БОИ, ПК и блоках детектирования (БД) спектрометра;
- г) отсутствие загрязнений, механических повреждений, влияющих на работу спектрометра.

7.2 Опробование

7.2.1 При проведении опробования выполняют следующие операции:

- проверку работоспособности в режиме выполнения самоконтроля основных узлов спектрометров в соответствии с разделом 3 РЭ;
- подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО);
- проверку светозащищенности блока детектирования альфа-излучения (БДПА-01) и блока детектирования бета-излучения (БДПБ-01).

7.2.1.1 Подтверждение соответствия ПО проводят идентификацией ПО и проверкой защиты ПО от несанкционированного доступа во избежание искажения результатов измерения. Проверка соответствия встроенного ПО осуществляется контролем отсутствия сообщений тестов самоконтроля об ошибках и проверкой целостности пломб на устройствах, входящих в комплект поставки спектрометров.

7.2.1.2 Для идентификации встроенного ПО МКС-АТ6101, МКС-АТ6101А, МКС-АТ6101В, МКС-АТ6101Д выполняют следующие операции:

- а) включают БОИ из состава спектрометра;
- б) наблюдают на экране БОИ номер версии встроенной программы;
- в) сличают номер версии встроенной программы БОИ с номером, указанным в разделе «Свидетельство о приёмке» РЭ;

7.2.1.3 Для идентификации прикладного ПО МКС-АТ6101С выполняют следующие операции:

а) включают ПК из состава спектрометра и подсоединяют его к персональному компьютеру для проверки с помощью кабеля USB, предварительно установив USB драйвер в соответствии с руководством по эксплуатации на ПК. Кабель USB и диск с драйвером находятся в комплекте поставки ПК;

б) наблюдают на экране персонального компьютера для проверки файловую систему ПК через File Explorer;

в) проверка номера версии осуществляется путём визуального сличения с номером, появляющемся при запуске ПО;

г) на ПК из состава спектрометра открывают папку «\Program files\ ATASScannerMobile»;

д) копируют файл «ATASScanner mobile.exe» на персональный компьютер;

е) с помощью программы для расчета контрольной суммы (TotalCommander, DoubleCommander и др.) подсчитывают контрольную сумму файла «ATASScanner mobile.exe» по методу MD5 и сравнивают ее со значением, приведенным в таблице 7.1.

Таблица 7.1

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	Метод расчёта контрольной суммы
«ATASScannerMobile»	«ATASScanner mobile.exe»	5.1.7, 5.y.x *	33bd9238d31c5ffd01c4aa5a29 d361f2	MD5
БОИ МКС-АТ6101	__AT6101_ED2.hex	5.1.z.x *	Не определён	
БОИ МКС-АТ6101А	__AT6101A_ED2_NEWA CT.hex	5.1.z.x *	Не определён	
БОИ МКС-АТ6101В	__AT6101B_ED2.hex	5.1.z.x *	Не определён	
БОИ МКС-АТ6101Д	__AT6101D_ED2_NEWA CT.hex	5.1.z.x *	Не определён	

* x = [от 1 до 9], y = [от 1 до 9], z = [1-999], текущий номер версии встроенной программы БОИ и ПК указан в разделе «Свидетельство о приёмке» РЭ. Цифровой идентификатор ПО дан только для версии 5.1.7 «ATASScanner mobile.exe».

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

- измеряют фоновую скорость счета при снятой с БД крышке за время не менее 1000 с в соответствии с разделом 3 РЭ;
- устанавливают на расстоянии 40-50 см от рабочей поверхности БД лампу накаливания мощностью 40 Вт и включают ее;
- измеряют фоновую скорость счета за время не менее 1000 с при дополнительном освещении.

Светозащищенность БД считают удовлетворительной, если фоновая скорость счета спектрометра при дополнительном освещении и без дополнительного освещения не превышает $0,01 \text{ с}^{-1}$ для БДПА-01, 10 с^{-1} для БДПБ-01.


Результаты опробования считают удовлетворительными, если после прохождения самоконтроля спектрометр переходит в режим инициализации, идентификационные данные ПО соответствуют приведенным в таблице 7.1 и разделе «Свидетельство о приёмке» РЭ, а светозащищенность БДПА-01 и БДПБ-01 соответствует заданным требованиям.

7.3 Определение метрологических характеристик спектрометров

7.3.1 Определение основной относительной погрешности характеристики преобразования и диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения для МКС-АТ6101, МКС-АТ6101А, МКС-АТ6101В, МКС-АТ6101Д проводят в следующей последовательности:

- а) подключают блок детектирования гамма-излучения БДКГ-05 (для МКС-АТ6101) БДКГ-11 (для МКС-АТ6101А, МКС-АТ6101В), контейнер с размещенным в нем БДКГ-11 (для МКС-АТ6101Д), к БОИ;

Примечание – Перед поверкой МКС-АТ6101Д с торцевой поверхности корпуса контейнера должен быть снят защитный резиновый амортизатор. По окончании поверки амортизатор должен быть установлен на контейнер.

- б) включают питание спектрометра и выдерживают его во включенном состоянии до исчезновения пиктограммы  на табло БОИ;

- в) проводят стабилизацию спектрометра согласно разделу 2 РЭ;
 г) устанавливают поочередно источники гамма-излучения типа ОСГИ-3, указанные в таблице 7.2, на продольной оси БД перед его торцевой поверхностью;

Таблица 7.2

Номер источника, i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Радионуклид	^{137}Cs	^{241}Am	^{57}Co	^{139}Ce	^{113}Sn	^{54}Mn	^{22}Na	^{88}Y	^{228}Th
Энергия излучения E_{oi} , кэВ	32 ¹⁾ ; 662	59,5	122	166	392	835	1275	1836 ²⁾	2614 ²⁾

¹⁾ Используют только при поверке МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В в диапазоне энергий от 20 до 1500 кэВ и МКС-АТ6101С.

²⁾ Используют при поверке МКС-АТ6101, МКС-АТ6101А, МКС-АТ6101В, МКС-АТ6101Д в диапазоне энергий от 40 до 3000 кэВ и при поверке МКС-АТ6101С.

- д) инициируют процесс набора спектра согласно разделу 3 РЭ;
 е) оценивают скорость счета импульсов по спектру от источника по показаниям, индицируемым на табло БОИ. Она должна находиться в пределах от 250 до 10000 с⁻¹;
 ж) если это требование не выполняется, то изменяют расстояние между источником и БД и повторяют операции по методике 7.3.1 (в - е);
 и) 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;
 к) определяют положение центра ППП n_i и измеренное значение энергии гамма-излучения E_i (кэВ) согласно разделу 3 РЭ, при этом для более детального анализа формы ППП используют процедуру расширения спектра в режиме отображения с одним маркером, установленным примерно в центр ППП;
 л) переключают спектрометры МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В в диапазон измеряемых энергий 40-3000 кэВ согласно разделу 3 РЭ и повторяют операции по методике 7.3.1 (в - м);
 м) определяют основную относительную погрешность характеристики преобразования ПХП спектрометра в процентах по формуле

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

где ΔE_{\max} – максимальное значение из рассчитанных разностей

$$\Delta E_i = |E_{oi} - E_i|;$$


E_{\max} – верхняя граница диапазона энергий, равная 1500 или 3000 кэВ, в зависимости от поверяемого энергетического диапазона;

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

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

7.3.2 Определение основной относительной погрешности характеристики преобразования и диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения для спектрометра МКС-АТ6101С проводят в следующей последовательности:

а) включают ПК кратковременным нажатием кнопки **Питание** и запускают программу «АТAS Scanner Mobile» кратковременным нажатием левой программной кнопки;

б) в верхней строке экрана ПК нажимают на значок  и устанавливают минимальный уровень звука;

в) подсоединяют БДКГ-11М к адаптеру ВТ-DU с помощью кабеля БД. Включают спектрометр, для чего нажимают и удерживают в течение 5 с кнопку на адаптере ВТ-DU. Ждут установки соединения БДКГ-11М и ПК;

г) проводят стабилизацию спектрометра нажатием на экране ПК кнопки **Да** на запрос программы о проведении стабилизации гамма-канала согласно разделу 2 РЭ спектрометра МКС-АТ6101С;

д) после перехода спектрометра в режим «Набор фона» и выполнения процесса измерения радиационного фона спектрометр автоматически переходит в индикаторный режим «Сканирование»;

е) переводят спектрометр в режим постоянного фона выбором команды Меню>Сканирование>Постоянный фон;

ж) переводят спектрометр в спектрометрический режим выбором команды Меню>Режим>Спектрометрия;

и) устанавливают поочередно источники гамма-излучения типа ОСГИ-3, указанные в таблице 7.2, на продольной оси БДКГ-11М перед торцевой поверхностью БД;

к) инициируют процесс нового набора спектра выбором команды Меню>Спектрометрия>Начать набор, задают время набора спектра 0;

л) оценивают скорость счета импульсов по спектру от источника по показаниям, индицируемым на экране ПК. Она должна находиться в пределах от 250 до 10000 с⁻¹;

м) если это требование не выполняется, то изменяют расстояние между источником и БДКГ-11М и повторяют операции по методике 7.3.2 (к, л);

н) измеряют спектр от источника до достижения значения интегрального числа импульсов ППП не менее 10⁴. Интегральное число импульсов в ППП определяется согласно разделу 3 РЭ;

п) определяют положение максимума ППП n_i и значение энергии гамма-излучения E_i (кэВ) согласно разделу 2 РО «АТAS Scanner Mobile»;

р) определяют основную относительную погрешность характеристики преобразования ПХП спектрометра в процентах по формуле (1).

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

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

7.3.3 Определение относительного энергетического разрешения для МКС-АТ6101, МКС-АТ6101А, МКС-АТ6101В, МКС-АТ6101Д проводят в следующей последовательности:

а) выполняют операции согласно 7.3.1 (а – в);

б) размещают и фиксируют вплотную к торцевой поверхности корпуса БД (корпуса контейнера с БДКГ-11 для МКС-АТ6101Д) источник гамма-излучения типа ОСГИ-3 с радионуклидом ¹³⁷Cs с потоком фотонов в телесный угол 4π стерadian от 7·10³ до 2·10⁴ с⁻¹ (активность от 8 до 24 кБк), при этом центр активной части источника должен совпадать с геометрическим центром торцевой поверхности корпуса БД (корпуса контейнера с БДКГ-11 для МКС-АТ6101Д) с погрешностью не более ±2,0 мм;

в) инициируют набор спектра согласно разделу 3 РЭ.

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

д) определяют значение относительного энергетического разрешения R (%) согласно разделу 3 РЭ.

Результаты поверки считают положительными, если относительное энергетическое разрешение спектрометра не превышает 8,5 % для спектрометров МКС-АТ6101 и 9,0 % для спектрометров МКС-АТ6101А, МКС-АТ6101В, МКС-АТ6101Д.

7.3.4 Определение относительного энергетического разрешения для спектрометра МКС-АТ6101С проводят в следующей последовательности:

а) выполняют операции согласно 7.3.2 (а – ж);

б) размещают и фиксируют вплотную к торцевой поверхности корпуса БДКГ-11М источник гамма-излучения типа ОСГИ-3 с радионуклидом ^{137}Cs с потоком фотонов в телесный угол 4π стерадиан от $7 \cdot 10^3$ до $2 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$ (активность от 8 до 24 кБк), при этом центр активной части источника должен совпадать с геометрическим центром торцевой поверхности корпуса БДКГ-11М с погрешностью не более $\pm 2,0 \text{ мм}$;

в) иницируют процесс нового набора спектра выбором команды Меню>Спектрометрия>Начать набор, задают время набора спектра 0;

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

д) определяют значение относительного энергетического разрешения R (%) согласно разделу 2 РО «АТAS Scanner Mobile».

Результаты поверки считают положительными, если относительное энергетическое разрешение спектрометра не превышает 8,5 % для БДКГ-11М.

7.3.5 Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения с энергией гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101А, МКС-АТ6101В, МКС-АТ6101Д проводят в следующей последовательности:

а) выполняют операции согласно 7.3.1 (а - в);

б) задают время набора спектра 100 с согласно разделу 3 РЭ;

в) измеряют фоновый спектр и сохраняют его в памяти спектрометра согласно разделу 3 РЭ;

г) выполняют операции согласно 7.3.3 (б);

д) задают режим вычитания фонового спектра согласно разделу 3 РЭ;

е) измеряют спектр от источника гамма-излучения типа ОСГИ-3 с радионуклидом ^{137}Cs с автоматическим вычитанием фонового спектра. По истечении заданного времени набора 100 с набор спектра будет остановлен;

ж) определяют положение центра ППП n , значение энергии излучения E (кэВ) и значение относительного энергетического разрешения R (%) согласно разделу 3 РЭ, при этом для более детального анализа формы ППП используют процедуру расширения спектра в режиме отображения с одним маркером, установленным примерно в центр ППП;

и) определяют левую E_L (кэВ) и правую E_n (кэВ) границы ППП по формулам:

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

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

где $E(\text{кэВ})$ и $R(\%)$ – соответственно энергия ППП и относительное энергетическое разрешение, определенное выше согласно 7.3.5 (ж);

к) устанавливают подвижные маркеры в позиции, примерно соответствующие значениям энергий $E_{\text{л}}$ и $E_{\text{п}}$;

л) считают с табло измеренную скорость счета импульсов $N(\text{с}^{-1})$ в ППП за вычетом фона в выделенном энергетическом окне;

м) определяют эффективность регистрации в ППП в процентах по формуле:

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

где A_0 – значение активности радионуклида ^{137}Cs в гамма-источнике типа ОСГИ-3 на момент его поверки (берут из свидетельства о поверке источника), Бк;

$\eta = 0,852$ – среднее число фотонов, испускаемых при одном акте распада радионуклида ^{137}Cs ;

t – время, прошедшее между поверкой гамма-источника типа ОСГИ-3 и моментом измерения, сут.;

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

Результаты поверки считаются положительными, если эффективность регистрации в ППП с энергией гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs равна:

- $(3,29 \pm 0,65) \%$ для спектрометров МКС-АТ6101;
- $(7,32 \pm 1,46) \%$ для спектрометров МКС-АТ6101А, МКС-АТ6101В;
- $(5,0 \pm 1,0) \%$ для спектрометров МКС-АТ6101Д.

7.3.6 Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения с энергией гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs для спектрометра МКС-АТ6101С проводят в следующей последовательности:

а) выполняют операции согласно 7.3.2 (а – ж);

б) иницируют процесс нового набора спектра выбором команды Меню>Спектрометрия>Начать набор, задают время набора спектра 100 с, измеряют спектр и сохраняют его как фоновый выбором команды Пуск>Спектрометрия>Сохранить фон;

в) выполняют операции согласно 7.3.4 (б);

г) переходят в режим вычитания фонового спектра выбором команды Меню>Спектрометрия>Вычитать фон;

д) иницируют процесс нового набора спектра выбором команды Меню>Спектрометрия>Начать набор, задают время набора спектра 100 с и измеряют спектр от источника гамма-излучения типа ОСГИ-3 с радионуклидом ^{137}Cs с автоматическим вычитанием фонового спектра;

е) определяют положение максимума ППП n , значение энергии гамма-излучения E (кэВ) и значение относительного энергетического разрешения R (%) согласно разделу 2 ПО «АТAS Scanner Mobile», при этом для более детального анализа формы ППП устанавливают маркер примерно в центр ППП и используют элементы управления спектром для масштабирования спектра;

ж) определяют левую $E_{\text{л}}$ (кэВ) и правую $E_{\text{п}}$ (кэВ) границы ППП по формулам (2) и (3), где E (кэВ) и R (%) – соответственно энергия ППП и относительное энергетическое разрешение, определенное согласно 7.3.6 (е);

и) устанавливают подвижные маркеры в позиции, примерно соответствующие значениям энергий $E_{\text{л}}$ и $E_{\text{п}}$ согласно разделу 2 ПО «АТAS Scanner Mobile»;

к) считают с экрана ПК измеренную скорость счета импульсов N в ППП за вычетом фона в выделенном энергетическом окне;

л) определяют эффективность регистрации в ППП в процентах по формуле (4).

Результаты поверки считаются положительными, если эффективность регистрации в ППП с энергией гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs равна $(7,32 \pm 1,46) \%$.

7.3.7 Определение основной относительной погрешности измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (мощности амбиентной дозы) гамма-излучения (далее – мощности дозы) для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В, МКС-АТ6101Д проводят на эталонной дозиметрической установке гамма-излучения с набором источников ^{137}Cs в поверяемых точках \dot{N}_i согласно таблице 7.3 в следующей последовательности:

а) подключают БДКГ-05 спектрометра МКС-АТ6101, (БДКГ-11 спектрометра МКС-АТ6101В, контейнер с БДКГ-11 спектрометра МКС-АТ6101Д) к БОИ;

б) устанавливают БД (контейнер с БДКГ-11 спектрометра МКС-АТ6101Д) на поверочную дозиметрическую установку таким образом, чтобы центральная ось пучка излучения проходила центр и перпендикулярно торцевой поверхности корпуса БД, ориентированной в сторону источника излучения;

в) устанавливают БД (контейнер с БДКГ-11 спектрометра МКС-АТ6101Д) в i -ю поверяемую точку, на расстоянии R_i (в миллиметрах) от центра источника Cs^{137} до торцевой поверхности БД, при этом:

$$R_i = (R_{0i} - 23) \text{ мм для БДКГ-05;}$$

$$R_i = (R_{0i} - 30) \text{ мм для БДКГ-11;}$$

$$R_i = (R_{0i} - 40) \text{ мм для контейнера спектрометра МКС-АТ6101Д;}$$

где R_{0i} - расстояние (в миллиметрах), соответствующее мощности дозы \dot{N}^* (10) в i -й контрольной точке по данным метрологической аттестации дозиметрической установки.


г) включают спектрометр и выдерживают его во включенном состоянии в течение времени установления рабочего режима (до исчезновения пиктограммы  на табло БОИ);

Таблица 7.3

Номер поверяемой точки i	Мощность дозы в поверяемой точке \dot{N}_i	Измерение мощности дозы в поверяемой точке		Пределы допускаемой основной относительной погрешности $\Delta, \%$
		число измерений	статистическая погрешность, %, не более	
1	0,03 мкЗв/ч ¹⁾	3	10	± 20
2	0,07 мкЗв/ч ¹⁾	3	10	± 20
3	0,70 мкЗв/ч	3	5	± 20
4	7,00 мкЗв/ч	3	5	± 20
5	70,00 мкЗв/ч	3	3	± 20
6	130,00 мкЗв/ч ²⁾	3	3	± 20
7	240,00 мкЗв/ч ³⁾	3	3	± 20

¹⁾ Измерения проводят только при первичной поверке.

²⁾ Измерения проводят только для спектрометра МКС-АТ6101С с БДКГ-11М.

³⁾ Измерения проводят только для спектрометра МКС-АТ6101

д) проводят измерение мощности дозы фона в i -й поверяемой точке со статистической погрешностью, индицируемой на табло БОИ, не более 5 % согласно разделу 3 РЭ;

е) переводят спектрометр согласно разделу 3 РЭ в режим автоматического вычитания мощности дозы фона, подвергают БД облучению с заданной мощностью дозы \dot{H}_{oi} и измеряют мощность дозы \dot{H}_i в i -й поверяемой точке. Число измерений и статистическая погрешность каждого измерения должны быть согласно таблице 7.3. Определяют среднее значение $\overline{\dot{H}_i}$ и принимают его за результат измерения мощности дозы в i -й поверяемой точке;

ж) определяют в i -й поверяемой точке значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения Δ_i , %, с вероятностью 0,95 по формуле

$$\Delta_i = 1,1\sqrt{\theta_{oi}^2 + \theta_{npi}^2}, \quad (5)$$

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

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

$$\theta_{npi} = \frac{\overline{\dot{H}_i} - \dot{H}_{oi}}{\dot{H}_{oi}} \cdot 100. \quad (6)$$

Примечание - В поверяемых точках 5 - 7 значением фона можно пренебречь.

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

7.3.8 Определение основной относительной погрешности измерений мощности дозы гамма-излучения для спектрометра МКС-АТ6101С с БДКГ-11М проводят на эталонной дозиметрической установке гамма-излучения с набором источников ^{137}Cs в поверяемых точках \dot{H}_{oi} согласно таблице 7.3 в следующей последовательности:

а) выполняют операции согласно 7.3.2 (а - д);
 б) устанавливают БД на поверочную дозиметрическую установку таким образом, чтобы центральная ось пучка излучения проходила через центр и перпендикулярно торцевой поверхности корпуса БД, ориентированной в сторону источника излучения;

в) устанавливают БД в i -ю поверяемую точку на расстоянии R_i (в миллиметрах) от центра источника Cs^{137} до торцевой поверхности БД, при этом:

$$R_i = (R_{oi} - 30) \text{ мм для БДКГ-11М,}$$

где R_{oi} - расстояние (в миллиметрах), соответствующее мощности дозы \dot{H}^* (10) в i -й контрольной точке по данным метрологической аттестации дозиметрической установки.

г) переводят спектрометр в дозиметрический режим выбором команды Меню>Режим>Дозиметрия;

д) проводят измерение мощности дозы фона в i -й поверяемой точке со статистической погрешностью, индицируемой на экране ПК, не более 5 % согласно разделу 2 РО «АТAS Scanner Mobile»;

е) переводят спектрометр согласно разделу 2 РО «АТAS Scanner Mobile» в режим автоматического вычитания мощности дозы фона, подвергают БД облучению с заданной мощностью дозы \dot{H}_{oi} и измеряют мощность дозы \dot{H}_i в i -й поверяемой точке. Число измерений и статистическая погрешность каждого измерения должны быть согласно

таблице 7.3. Определяют среднее значение \bar{H}_i и принимают его за результат измерения мощности дозы в i -ой поверяемой точке;


ж) определяют в i -й поверяемой точке значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения Δ_i , %, с вероятностью 0,95 по формуле (5).

Примечание – В поверяемых точках 5, 6 значением фона можно пренебречь.

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

7.3.9 Определение основной относительной погрешности измерений мощности дозы гамма-излучения для спектрометра МКС-АТ6101С с БДКГ-04 проводят на эталонной дозиметрической установке гамма-излучения с набором источников ^{137}Cs в поверяемых точках H_{oi} согласно таблице 7.4 в следующей последовательности:

а) включают ПК кратковременным нажатием кнопки **Питание** и запускают программу «АТAS Scanner Mobile» кратковременным нажатием левой программной кнопки;

б) в верхней строке экрана ПК нажимают на значок  и устанавливают минимальный уровень звука;

в) подсоединяют БД к адаптеру ВТ-DU с помощью кабеля БД. Включают спектрометр, для чего нажимают и удерживают в течение 5 с кнопку на адаптере ВТ-DU. Ждут установки соединения БД и ПК;

г) вызывают команду «Меню> Установки> Гамма тревога» в соответствии с разделом 2 РО «АТAS Scanner Mobile» и нажимают на экране ПК кнопку «ОК»;

д) устанавливают БД на поверочную дозиметрическую установку в направлении пучка излучения таким образом, чтобы центральная ось пучка излучения совпадала с продольной осью и проходила через метку на торцевой поверхности колпачка БДКГ-04, ориентированной в сторону источника излучения;

е) устанавливают БД в i -ю поверяемую точку, мощность дозы в которой на расстоянии в миллиметрах R_i равна H_{oi} по данным свидетельства о поверке дозиметрической установки.

Примечание - Расстояние в миллиметрах для i -й поверяемой точки определяют от центра источника ^{137}Cs до кольцевой риски БДКГ-04.

ж) устанавливают БД в точку 2 (таблица 7.4) и проводят измерение фонового значения мощности дозы со статистической погрешностью не более 5 %. Запоминают его. Переводят спектрометр, согласно разделу 2 РО «АТAS Scanner Mobile», в режим автоматического вычитания мощности дозы фона и подвергают БД облучению со значением мощности дозы 0,07 мкЗв/ч. Измеряют значение H_2 ;

и) последовательно повторяют измерения в соответствии с 7.3.9 (ж) для точек 2, 3, в которых значение фона измеряют со статистической погрешностью не более 5 % согласно разделу 2 РО «АТAS Scanner Mobile»;

к) повторяют измерение мощности дозы в соответствии с 7.3.9 (ж) для точек 4 - 9. Подвергают БД облучению с заданной мощностью дозы и измеряют мощность дозы H_i в i -й поверяемой точке H_{oi} , учитывая, что в поверяемых точках 4 - 9 значением фона можно пренебречь. Число измерений и статистическая погрешность каждого измерения должны быть согласно таблице 7.4. Определяют среднее значение \bar{H}_i и принимают его за результат измерения мощности дозы в i -й поверяемой точке;

л) определяют в i -й поверяемой точке значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения Δ_i , %, с вероятностью 0,95 по формуле (5).

Таблица 7.4

Номер поверяемой точки i	Мощность дозы в поверяемой точке \dot{H}_{0i}^* (10)	Измерение мощности дозы в поверяемой точке		Пределы допускаемой основной относительной погрешности Δ , %
		число измерений	статистическая погрешность, %, не более	
1 ¹⁾	0,07 мкЗв/ч	3	10	± 20
2	0,7 мкЗв/ч	3	5	± 20
3	7,0 мкЗв/ч	3	3	± 20
4	70,0 мкЗв/ч	3	2	± 20
5	0,7 мЗв/ч	3	2	± 20
6	7,0 мЗв/ч	3	2	± 20
7	70,0 мЗв/ч	3	2	± 20
8	0,7 Зв/ч	3	2	± 20
9	7,0 Зв/ч	3	2	± 20

¹⁾ Измерения проводят только при первичной поверке

Результаты поверки считают положительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности результатов измерения мощности дозы гамма-излучения для всех поверяемых точек не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности Δ , указанных в таблице 7.4.

7.3.10 Определение основной относительной погрешности измерения мощности дозы гамма-излучения для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В с устройством детектирования, встроенным в БОИ (УД БОИ), проводят на эталонной дозиметрической установке гамма-излучения с набором источников ^{137}Cs в поверяемых точках \dot{H}_{0i} согласно таблице 7.5.

Таблица 7.5

Номер поверяемой точки i	Мощность дозы в поверяемой точке \dot{H}_{0i}	Измерение мощности дозы в поверяемой точке		Пределы допускаемой основной относительной погрешности Δ , %
		число измерений	статистическая погрешность, %, не более	
1	3,0 мкЗв/ч	3	10	± 20
2	7,0 мкЗв/ч	3	5	± 20
3	70,0 мкЗв/ч	3	5	± 20
4	0,7 мЗв/ч	3	3	± 20
5	7,0 мЗв/ч	3	3	± 20


Определяют основную относительную погрешность измерения мощности дозы гамма-излучения в следующей последовательности:

а) устанавливают БОИ на дозиметрическую установку таким образом, чтобы центральная ось пучка излучения проходила через метку на боковой поверхности корпуса БОИ, ориентированной в сторону источника излучения;

б) устанавливают БОИ в i -ю поверяемую точку на расстоянии R_i (в миллиметрах) от центра источника ^{137}Cs до метки на боковой поверхности корпуса БОИ, при этом:

$$R_i = (R_{0i} - 18) \text{ мм},$$

где R_{0i} - расстояние (в миллиметрах), соответствующее мощности дозы \dot{H}^* (10) в i -й контрольной точке по данным метрологической аттестации дозиметрической установки.

в) включают БОИ, выдерживают его во включенном состоянии в течение времени установления рабочего режима (до исчезновения пиктограммы  на табло БОИ) и проводят измерение мощности дозы фона в i -й поверяемой точке со статистической погрешностью не более 50 % согласно разделу 3 РЭ;

г) переводят БОИ в режим измерения мощности дозы с автоматическим вычитанием фона согласно разделу 3 РЭ, облучают БОИ гамма-излучением с заданной мощностью дозы \dot{H}_{0i} и измеряют мощность дозы \dot{H}_i в i -й поверяемой точке. Число измерений и статистическая погрешность каждого измерения должны быть согласно таблице 7.5. Определяют среднее значение \bar{H}_i и принимают его за результат измерения мощности дозы в i -й поверяемой точке;

д) определяют в i -й поверяемой точке значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения Δ_i по методике 7.3.4 (ж).

Примечание – В поверяемых точках 3 – 5 значением фона можно пренебречь.

Результаты поверки считают положительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности результатов измерения мощности дозы гамма-излучения для всех поверяемых точек не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности Δ , указанных в таблице 7.5.


7.3.11 Определение основной относительной погрешности измерения плотности потока альфа-излучения для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В с БДПА-01 проводят с использованием эталонных источников альфа-излучения ^{239}Pu типов 4П9, 5П9 или 6П9 в поверяемых точках φ_{0i} , приведенных в таблице 7.6.

Таблица 7.6

Номер поверяемой точки, i	Плотность потока альфа-излучения, $\text{мин}^{-1}\cdot\text{см}^{-2}$	Измерение плотности потока в поверяемой точке		Пределы допускаемой основной относительной погрешности Δ , %
		количество измерений	статистическая погрешность, %, не более	
1	0,5 - 10	3	10	± 20
2	10 - 10^2	3	5	± 20
3	10^2 - 10^3	3	3	± 20
4	10^3 - 10^4	3	2	± 20
5	10^4 - 10^5	3	2	± 20

Проводят поверку в следующей последовательности:

а) подключают БДПА-01 к БОИ;

б) включают питание спектрометра и выдерживают его во включенном состоянии в течение времени установления рабочего режима (до исчезновения пиктограммы  на табло БОИ);

в) устанавливают режим измерения плотности потока и измеряют фоновую плотность потока с надетой на БДПА-01 крышкой в течение не менее 1000 с согласно разделу 3 РЭ;

г) переводят спектрометр в режим с автоматическим вычитанием фона согласно разделу 3 РЭ, при этом фон автоматически запоминается в спектрометре;

д) снимают с БДПА-01 крышку и устанавливают альфа-источник на расстоянии от торцевой поверхности входного окна БДПА-01 до рабочей поверхности альфа-источника, равном $(1,5 \pm 0,2)$ мм;

е) измеряют согласно разделу 3 РЭ плотность потока альфа-излучения φ_i с автоматическим вычитанием фона в i -й поверяемой точке, снимая показания при статистической погрешности, указанной в таблице 7.6;

ж) определяют значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения плотности потока альфа-излучения Δ_i , %, с доверительной вероятностью 0,95 по формуле

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

где θ_{oi} - относительная погрешность эталонного i -го источника альфа-излучения, приведенная в свидетельстве о поверке на него, %;

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

$$\theta_{npi} = \frac{\varphi_i - \varphi_{oi}}{\varphi_{oi}} \cdot 100, \quad (8)$$

где φ_i - результат измерения плотности потока альфа-излучения с поверхности i -го эталонного источника, $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$;

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

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

где n_{oi} - значение внешнего альфа-излучения в телесный угол 2π на дату поверки по данным свидетельства о поверке i -го эталонного источника альфа-излучения, с^{-1} ;


S_i - площадь рабочей поверхности i -го эталонного источника равная 40, 100 и 160 см^2 для источников типа 4П9, 5П9 и 6П9 соответственно.

Результаты поверки считают положительными, если во всех поверяемых точках значения доверительных границ основной относительной погрешности результата измерения плотности потока альфа-излучения не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности Δ , указанных в таблице 7.6.

7.3.12 Определение основной относительной погрешности измерения плотности потока бета-излучения для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В с БДПБ-01 проводят

с использованием эталонных источников бета-излучения $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ типов 4С0, 5С0 или 6С0 в поверяемых точках, приведенных в таблице 7.7.

Проводят поверку в следующей последовательности:

- а) подключают БДПБ-01 к БОИ;
- б) включают питание спектрометра и выдерживают его включенным в течение времени установления рабочего режима (до исчезновения пиктограммы  на табло БОИ);
- в) измеряют фоновую плотность потока с надетой на БДПБ-01 крышкой в течение не менее 1000 с согласно разделу 3 РЭ;
- г) переводят спектрометр в режим с автоматическим вычитанием фона согласно разделу 3 РЭ;
- д) снимают с БДПБ-01 крышку и устанавливают бета-источник на расстоянии от торцевой поверхности корпуса входного окна БДПБ-01 до рабочей поверхности бета-источника, равном $(1,5 \pm 0,2)$ мм;
- е) измеряют согласно разделу 3 РЭ плотность потока бета-излучения φ_i с автоматическим вычитанием фона в i -й поверяемой точке, снимая показания при статистической погрешности, указанной в таблице 7.7;
- ж) определяют значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения плотности потока бета-излучения Δ_i , %, с доверительной вероятностью 0,95 по формуле

$$\Delta_i = 1,1 \sqrt{\theta_{oi}^2 + \theta_{npi}^2}, \quad (10)$$

где θ_{oi} - относительная погрешность эталонного i -го источника бета-излучения, приведенная в свидетельстве о поверке на него, %;

θ_{npi} - относительная погрешность измерения плотности потока бета-излучения в i -й поверяемой точке, %, вычисляемая по формуле

$$\theta_{npi} = \frac{\varphi_i - \varphi_{oi}}{\varphi_{oi}} \cdot 100, \quad (11)$$

где φ_i - результат измерения плотности потока бета-излучения с поверхности i -го образцового источника, $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$;

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

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

где n_{oi} - значение внешнего бета-излучения $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ в телесный угол 2π на дату поверки по данным свидетельства о поверке i -го эталонного источника бета-излучения, с^{-1} ;

S_i - площадь рабочей поверхности i -го эталонного источника равная 40, 100 и 160 см^2 для источников типа 4С0, 5С0 и 6С0 соответственно.

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

$T_{1/2} = 10636$ сут. - период полураспада радионуклида ^{90}Sr ;


Таблица 7.7

Номер поверяемой точки <i>i</i>	Плотность потока бета-излучения φ_{oi} , $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	Измерение плотности потока в поверяемой точке		Пределы допускаемой основной относительной погрешности Δ , %
		количество измерений	статистическая погрешность, %, не более	
1	3 - 10	3	10	± 20
2	10 - 10 ²	3	5	± 20
3	10 ² - 10 ³	3	3	± 20
4	10 ³ - 10 ⁴	3	3	± 20
5	10 ⁴ - 10 ⁵	3	2	± 20
6	10 ⁵ - 5 · 10 ⁵	3	2	± 20

Результаты поверки считают положительными, если во всех поверяемых точках значения доверительных границ основной относительной погрешности результата измерения плотности потока бета-излучения не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности Δ , указанных в таблице 7.7.

7.3.13 Определение уровня собственного фона спектрометра МКС-АТ6101С с блоком детектирования нейтронного излучения БДКН-05 проводят в следующей последовательности:

а) включают ПК кратковременным нажатием кнопки **Питание** и запускают программу «АТAS Scanner Mobile» кратковременным нажатием левой программной кнопки;

б) в верхней строке экрана ПК нажимают на значок  и устанавливают минимальный уровень звука;

в) подсоединяют БДКН-05 к адаптеру ВТ-DU с помощью кабеля БД;

г) нажимают и удерживают в течение 5 с кнопку на адаптере ВТ-DU;

д) ждут установки соединения БД и ПК, при этом на экране ПК начнет отображаться регистрируемая скорость счета импульсов;

е) измеряют уровень собственного фона спектрометра N_0 (скорость счета импульсов, обусловленных фоновым излучением) в течение не менее 30 мин.

Результаты поверки считают положительными, если измеренные значения собственного фона спектрометра находятся в пределах от 0,05 до 0,25 с⁻¹ для МКС АТ6101С с БДКН-05.

7.3.14 Определение чувствительности спектрометра МКС-АТ6101С с блоком детектирования нейтронного излучения БДКН-05 к нейтронному излучению плутоний-бериллиевого источника проводят в следующей последовательности:

а) выполняют операции согласно 7.3.13 (а – е);

б) устанавливают на расстоянии $(95,5 \pm 0,5)$ см от боковой поверхности БДКН-05 плутоний-бериллиевый источник, обеспечивающий плотность потока нейтронного излучения на расстоянии 1 м в диапазоне от 2,5 до 500 нейтр./с·см², при этом центральная ось пучка излучения должна проходить через метку на боковой поверхности БДКН-05 и перпендикулярно этой боковой поверхности;

в) начинают новое измерение скорости счета выбором команды Меню>Дозиметрия>Сброс усреднения (нейтроны) и измеряют скорость счета N от плутоний-бериллиевого источника до достижения статистической погрешности не более 2 %;

г) определяют чувствительность S_0 спектрометра (имп.·см²/нейтр.) по формуле

$$S_0 = \frac{N - N_0}{\varphi(r_0)} \cdot b(r_0) \cdot K, \quad (13)$$

где $\varphi(r_0)$ – плотность потока нейтронного излучения плутоний-бериллиевого источника на расстоянии $r_0 = 1$ м на дату измерения по данным свидетельства о поверке источника, нейтр./с·см²;

N_0 – скорость счёта фона, измеренная согласно 7.3.14 (а), с⁻¹;

$b(r_0)$ – 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 УКПН и определяется на конкретной установке УКПН для данного типа нейтронного детектора.

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

Коэффициент $b(r_0)$ определяется следующим образом:

1) для открытой геометрии

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

где N – скорость счёта от нейтронного источника, измеренная согласно 7.3.14 (б, в), с⁻¹;

N_0 – скорость счёта фона, с⁻¹;

N_c – скорость счёта от нейтронного источника, измеренная согласно 7.3.14 (б, в) с установленным между источником и блоком детектирования теньвым конусом, с⁻¹;

2) для установок типа УКПН (КИС-НРД-МБм) коэффициент $b(r_0)$ определяется согласно методике, приведенной в рекомендации МИ 2513-99 ГСИ «Радиометры нейтронов. Методика поверки на установках типа УКПН (КИС-НРД-МБм)».

Значение произведения $b(r_0) \cdot K$ на расстоянии r_0 для данной установки УКПН можно определить 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, имп.·см²/нейтр;

$\varphi(r_0)$ – плотность потока нейтронного излучения на расстоянии r_0 для установки УКПН, нейтр./с·см²;

N – скорость счёта от нейтронного источника в точке калибровки, с⁻¹;

N_0 – скорость счёта фона, с⁻¹.

Полученное значение произведения $b(r_0) \cdot K$ используют при последующих поверках блока детектирования БДКН-05 на данной установке УКПН.

Результаты поверки считают положительными, если значения чувствительности спектрометра к нейтронному излучению плутоний-бериллиевого источника составляет $(8,6 \pm 1,7)$ имп.·см²/нейтр для МКС-АТ6101С с БДКН-05.

8 Оформление результатов поверки

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

8.2 Положительные результаты поверки оформляют:

а) при выпуске спектрометра из производства:

- записью о поверке в разделе "Свидетельство о приемке" РЭ, заверенной подписью и оттиском поверительного клейма;

- нанесением клейма-наклейки на заднюю поверхность корпуса БОИ для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101А; МКС-АТ6101В, МКС-АТ6101Д и на заднюю панель БДКГ-11М для спектрометра МКС-АТ6101С;

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

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

Приложение А

(рекомендуемое)

Форма протокола поверки

спектрометра МКС-АТ6101 зав. № _____

ДАТА ПОВЕРКИ _____

ПОВЕРКА ПРОВОДИЛАСЬ _____
поверочный орган

Условия поверки

температура _____ °С;
относительная влажность _____ %;
атмосферное давление _____ мм рт.ст.;
внешний фон гамма-излучения _____ мкЗв/ч;

Средства поверки

1 Внешний осмотр :

документация _____

комплектность _____

отсутствие механических повреждений _____

2 Опробование:

2.1 самоконтроль _____

2.2 проверка ПО _____

2.3 проверка светозащищенности БДПА-01. БДПБ-01 _____

Таблица А.1

Название ПО	Наименование метрологически-значимого исполняемого файла	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	Метод расчёта контрольной суммы
«ATASScannerMobile»	«ATASScanner mobile.exe»	5.y.x *		MD5
БОИ МКС-АТ6101	__AT6101_ED2.hex	5.1.z.x *	Не определен	
БОИ МКС-АТ6101А	__AT6101A_ED2_NE WACT.hex	5.1.z.x *	Не определен	
БОИ МКС-АТ6101В	__AT6101B_ED2.hex	5.1.z.x *	Не определен	
БОИ МКС-АТ6101Д	__AT6101D_ED2_NE WACT.hex	5.1.z.x *	Не определен	

* x = [1-9], y = [1-9], z = [1-999], текущий номер версии встроенной программы БОИ и ПК указан в разделе «Свидетельство о приёмке» РЭ.

3 Метрологические характеристики

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

Таблица А.1

Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения 20-1500 кэВ для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В								
Радионуклид	¹³⁷ Cs		²⁴¹ Am	⁵⁷ Co	¹³⁹ Ce	¹¹³ Sn	⁵⁴ Mn	²² Na
Энергия излучения E_{oi} , кэВ	32	662	59,5	122	166	392	835	1275
Измеренное значение энергии E_i , кэВ								
$\Delta E_i = E_{oi} - E_i $, кэВ								
$\Delta E_{max} =$ кэВ			ПХП (при поверке) = %			ПХП (по ТУ) ≤ 1 %		

Таблица А.2

Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения 40-3000 кэВ для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В, МКС-АТ6101А, МКС-АТ6101Д									
Радионуклид	¹³⁷ Cs	²⁴¹ Am	⁵⁷ Co	¹³⁹ Ce	¹¹³ Sn	⁵⁴ Mn	²² Na	⁸⁸ Y	²²⁸ Th
Энергия излучения E_{oi} , кэВ	662	59,5	122	166	392	835	1275	1836	2614
Измеренное значение энергии E_i , кэВ									
$\Delta E_i = E_{oi} - E_i $, кэВ									
$\Delta E_{max} =$ кэВ				ПХП (при поверке) = %			ПХП (по ТУ) ≤ 1 %		

Таблица А.3

Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения 20-3000 кэВ для спектрометра МКС-АТ6101С										
Радионуклид	¹³⁷ Cs		²⁴¹ Am	⁵⁷ Co	¹³⁹ Ce	¹¹³ Sn	⁵⁴ Mn	²² Na	⁸⁸ Y	²²⁸ Th
Энергия излучения E_{oi} , кэВ	32	662	59,5	122	166	392	835	1275	1836	2614
Измеренное значение энергии E_i , кэВ										
$\Delta E_i = E_{oi} - E_i $, кэВ										
$\Delta E_{\max} =$	кэВ		ПХП (при поверке) =				%		ПХП (по ТУ) ≤ 1 %	

3.2 Определение относительного энергетического разрешения

Таблица А.4

Тип источника гамма-излучения	Измеренное значение относительного разрешения R, %	Значение относительного разрешения (по ТУ) R, %
ОСГИ-3, ¹³⁷ Cs, активность от 8 до 24 кБк		R $\leq 8,5$ (МКС-АТ6101)
		R $\leq 8,5$ (МКС-АТ6101С)
		R $\leq 9,0$
		(МКС-АТ6101А)
		(МКС-АТ6101В)
		(МКС-АТ6101Д)

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

Таблица А.5

Тип источника гамма-излучения	Положение центра ППП n, канал	Измеренное значение энергии E, кэВ	Границы ППП E _л , E _п , кэВ	Скорость счета импульсов в ППП N, с ⁻¹	Эффективность регистрации в ППП ϵ , %	ϵ , % (по ТУ)
ОСГИ-3 A ₀ = Бк			E _л =			3,29 \pm 0,65 (МКС-АТ6101)
			E _п =			7,32 \pm 1,46 (МКС-АТ6101А, МКС-АТ6101В, МКС-АТ6101С)
						5,0 \pm 1,0 (МКС-АТ6101Д)

3.4 Определение основной относительной погрешности измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (мощности амбиентной дозы) гамма-излучения для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В, МКС-АТ6101Д, МКС-АТ6101С

Таблица А.6

Мощность дозы в поверяемой точке \dot{H}_{oi}	Измеренные значения мощности дозы H_i , мкЗв/ч	Среднее значение \bar{H}_i , мкЗв/ч	Относительная погрешность $\theta_{при}$, %	Основная относительная погрешность при поверке Δ_i , %	Пределы допускаемой основной относительной погрешности по ТУ Δ , %
с блоками детектирования БДКГ-05, БДКГ-11, БДКГ-11М					
0,03 мкЗв/ч ¹⁾					±20
0,07 мкЗв/ч ¹⁾					
0,7 мкЗв/ч					
7,0 мкЗв/ч					
70,0 мкЗв/ч					
130 мкЗв/ч ²⁾					
240 мкЗв/ч ³⁾					
¹⁾ – Измерения проводят только при первичной поверке. ²⁾ – Измерение проводят только для спектрометра МКС-АТ6101С с БДКГ-11М. ³⁾ – Измерение проводят только для спектрометра МКС-АТ6101					
с УД БОИ					
3,0 мкЗв/ч					±20
7,0 мкЗв/ч					
70,0 мкЗв/ч					
0,7 мЗв/ч					
7,0 мЗв/ч					
МКС-АТ6101С с БДКГ-04					
0,07 мкЗв/ч ¹⁾					±20
0,7 мкЗв/ч					
7,0 мкЗв/ч					
70,0 мкЗв/ч					
0,7 мЗв/ч					
7,0 мЗв/ч					
70 мЗв/ч					
0,7 Зв/ч					
7,0 Зв/ч					
¹⁾ – Измерения проводят только при первичной поверке					

3.5 Определение основной относительной погрешности измерения плотности потока альфа-излучения для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В

Таблица А.7

Плотность потока альфа-излучения в поверяемой точке φ_{0i} , мин ⁻¹ ·см ⁻²	Измеренные значения плотности потока φ_i , мин ⁻¹ ·см ⁻²	Среднее значение $\bar{\varphi}_i$, мин ⁻¹ ·см ⁻²	Относительная погрешность $\theta_{при}$, %	Основная относительная погрешность при поверке Δ_i , %	Пределы допускаемой основной относительной погрешности по ТУ Δ , %
0,5-10					±20
10-10 ²					
10 ² -10 ³					
10 ³ -10 ⁴					
10 ⁴ -10 ⁵					

3.6 Определение основной относительной погрешности измерения плотности потока бета-излучения для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В

Таблица А.8

Плотность потока бета-излучения в поверяемой точке φ_{0i} , мин ⁻¹ ·см ⁻²	Измеренные значения плотности потока φ_i , мин ⁻¹ ·см ⁻²	Среднее значение $\bar{\varphi}_i$, мин ⁻¹ ·см ⁻²	Относительная погрешность $\theta_{при}$, %	Основная относительная погрешность при поверке Δ_i , %	Пределы допускаемой основной относительной погрешности по ТУ Δ , %
3 - 10					±20
10 - 10 ²					
10 ² - 10 ³					
10 ³ - 10 ⁴					
10 ⁴ - 10 ⁵					
10 ⁵ - 5·10 ⁵					

3.7 Определение уровня собственного фона спектрометра МКС-АТ6101С с блоком детектирования нейтронного излучения БДКН-05

Таблица А.9

Тип используемого блока детектирования	Измеренное значение уровня собственного фона спектрометра, N ₀ , с ⁻¹	Значение уровня собственного фона спектрометра по ТУ
БДКН-05		от 0,05 до 0,25

3.8 Определение чувствительности спектрометра МКС-АТ6101С к нейтронному излучению плутоний-бериллиевого источника с блоком детектирования нейтронного излучения БДКН-05

Таблица А.10

Тип источника нейтронного излучения Плотность потока нейтронов на расстоянии 1 м, нейтр./(с·см ²)	Тип используе- мого блока детектиро- вания	Измеренное значение скорости счёта импульсов N, с ⁻¹	Значение произведе- ния $b(r_0) \cdot K$	Значение чувстви- тельности спектрометра S ₀ , имп. · см ² /нейтр.	Значение чувствительно- сти спектрометра по ТУ, имп. · см ² /нейтр.
ИБН - ... φ =	БДКН-05				8,6 ± 1,7

Выводы _____

_____Свидетельство № _____ от _____
(заключение о непригодности)

Поверку провел _____ (_____)

Лист регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в докум.	№ документа	Входящий № сопроводительного докум. и дата	Подп.	Дата
	Измененных	Замененных	Новых	Аннулированных					