

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Директор УП «АТОМТЕХ»

[Signature] В.А.Кожемякин

«17» 04 2015

Проректор БелРИМ

[Signature] Н.А.Жагора

2015



Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь

СПЕКТРОМЕТРЫ МКС-АТ6104ДМ

Методика поверки

ТИАЯ.418269.087 МП

МРБ МП. 2504-2015

РАЗРАБОТЧИК

Начальник отдела радиационной метрологии УП «АТОМТЕХ»

[Signature] В.Д.Гузов

«17» 04 2015

Главный конструктор проекта УП «АТОМТЕХ»

[Signature] В.А.Чирикало

«17» 04 2015



КОПИЯ ВЕРНА

[Signature]

Шиб н 15096

Содержание

1 Вводная часть 3

2 Операции поверки 3

3 Средства поверки 4

4 Требования к квалификации поверителей 4

5 Требования безопасности 5

6 Условия поверки и подготовка к ней 5

7 Проведение поверки 6

8 Оформление результатов поверки 11

Приложение А (рекомендуемое) Форма протокола поверки 12

МКС АТ6104ДМ



26.08.2016 LB

1 Вводная часть

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на спектрометры МКС-АТ6104ДМ, МКС-АТ6104ДМ1 (далее – спектрометры), устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки и соответствует ГОСТ 26874-86 «Спектрометры энергий ионизирующих излучений. Методы измерений основных параметров» и 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».

1.2 Первичной поверке подлежат спектрометры утвержденного типа при выпуске из производства.

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

Межповерочный интервал – 12 мес.

1.4 Внеочередной поверке до окончания срока действия периодической поверки подлежат спектрометры после ремонта, влияющего на метрологические характеристики. Внеочередная поверка после ремонта проводится в объеме, установленном 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	7.2.1, 7.2.2	Да	Да
3 Определение метрологических характеристик:			
3.1 Определение основной относительной погрешности характеристики преобразования	7.3.1	Да	Да
3.2 Определение относительного энергетического разрешения для гамма-излучения радионуклида ¹³⁷ Cs с энергией 662 кэВ	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 измерения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения	7.3.4	Да	Да
4 Оформление результатов поверки	8.1-8.3	Да	Да

2.2 При получении отрицательных результатов при проведении операций поверки должна быть прекращена.



3 Средства поверки

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

Таблица 3.1

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип эталонов и вспомогательных средств поверки	Метрологические и основные технические характеристики эталонов и вспомогательных средств поверки
7.3.1–7.3.3	Эталонные спектрометрические источники гамма-излучения типа ОСГИ-3	Активность от 3 до 180 кБк. Диапазон энергий от 59,6 до 2700 кэВ. Погрешность аттестации по активности не более $\pm 6\%$
7.3.4	Эталонная дозиметрическая установка с набором источников ^{137}Cs по ГОСТ 8.087-2000	Диапазон измерений от 0,025 мГр/ч до 1,0 мГр/ч. Погрешность аттестации не более $\pm 7\%$
6.1	Термометр	Диапазон измерений от 10 °С до 40 °С. Цена деления 1 °С
6.1	Барометр	Диапазон измерений от 60 до 120 кПа. Цена деления 1 кПа
6.1	Измеритель влажности	Диапазон измерений от 20 % до 90 %. Погрешность измерения не более $\pm 5\%$
6.1	Дозиметр гамма-излучения	Диапазон измерений фона гамма-излучения от 0,1 до 10 мкЗв/ч. Основная относительная погрешность $\pm 20\%$
<p>Примечания</p> <p>1 Все средства поверки должны иметь действующие клейма и (или) свидетельства о проведении поверки. Допускается применять другие средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик с требуемой точностью.</p> <p>2 Толщина обоймы источников типа ОСГИ-3 должна быть $(3,0 \pm 0,1)$ мм.</p> <p>3 Переход к единицам амбиентного эквивалента дозы (Зв) от единиц кермы в воздухе (Гр) для гамма-излучения источника ^{137}Cs осуществляется с помощью коэффициента преобразования, равного 1,20 Зв/Гр.</p>		

4 Требования к квалификации поверителей

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



5 Требования безопасности

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, установленные ГОСТ 12.2.091-2012 для оборудования класса III (степень загрязнения 2, категория монтажа II), а также требованиям ГОСТ 12.2.091-2012 для оборудования класса II (степень загрязнения 2, категория монтажа II) при заряде от сетевого адаптера.

5.2 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности в соответствии с ГН от 28.12.2012 №213 Гигиенический норматив «Критерии оценки радиационного воздействия», СанПиН от 28.12.2012 №213 Санитарные нормы и правила «Требования к радиационной безопасности», СанПиН от 31.12.2013 № 137 Санитарные нормы и правила «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения», а также требования безопасности, приведенные в руководстве по эксплуатации на спектрометр.

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

6 Условия поверки и подготовка к ней

6.1 Поверку необходимо проводить в следующих условиях:

- | | |
|-----------------------------------------------|-----------------------|
| – температура окружающего воздуха | от 15 °С до 25 °С; |
| – относительная влажность окружающего воздуха | от 30 % до 80 %; |
| – атмосферное давление | от 84 до 106 кПа; |
| – фон гамма-излучения | не более 0,20 мкЗв/ч. |

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

6.3 Перед проведением поверки необходимо:

- ознакомиться с руководством по эксплуатации (РЭ), руководством оператора (РО), документацией на компьютер портативный (КП);
- выдержать спектрометр в кейсе в нормальных условиях в течение не менее 2 ч;
- извлечь составные части спектрометра из кейса и расположить на рабочем месте;
- подготовить средства поверки в соответствии с их технической документацией;
- подготовить спектрометр в соответствии с разделом 2 РЭ.

6.4 Поверка спектрометров должна осуществляться при полностью заряженных блоках аккумуляторов устройства детектирования (УД), адаптера интерфейсного (АИ) и КП.



Результаты опробования считают удовлетворительными, если спектрометр после прохождения самоконтроля перешел в режим инициализации и идентификационные данные ПО соответствуют приведенным в таблице 7.1.

7.3 Определение метрологических характеристик

7.3.1 Определение основной относительной погрешности характеристики преобразования проводят в следующей последовательности:

- а) включают спектрометр в соответствии с разделом 2 РЭ (2.2);
- б) включают КП и запускают программу в соответствии с разделом 4 РО;
- в) устанавливают соединение УД с КП и проводят стабилизацию в соответствии с разделом 6 РО (6.1) и разделом 3 РЭ (3.3);
- г) переходят в режим «Спектрометрия», выбрав соответствующий пункт в поле переключения режимов в соответствии с разделом 6 РО (6.2);
- д) устанавливают поочередно эталонные источники гамма-излучения типа ОСГИ-3 с радионуклидами, указанными в таблице 7.2, перед боковой поверхностью корпуса УД;

Таблица 7.2

Номер источника, i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Радионуклид	¹³⁷ Cs	¹⁰⁹ Cd	⁵⁷ Co	¹³⁹ Ce	¹¹³ Sn	⁵⁴ Mn	²² Na	¹⁵² Eu	²²⁸ Th
Энергия излучения E_{oi} , кэВ	662	88	122	166	392	835	1275	1408	2614

е) иницируют набор спектра для каждого источника гамма-излучения в соответствии с разделом 6 РО (6.2);

ж) считывают значение скорости счета импульсов по спектру от источника гамма-излучения по показаниям, индицируемым на экране КП. Скорость счета импульсов должна быть в пределах от 250 до 10000 имп/с. Если это требование не выполняется, то изменяют расстояние между источником и УД и повторяют операции по 7.3.1 (д-ж);

и) проводят набор спектра от источника гамма-излучения до достижения интегрального числа импульсов в пике полного поглощения (ППП) не менее 10000;

к) определяют положение центра ППП n_i и соответствующее ему значение энергии гамма-излучения E_i , кэВ, в соответствии с разделом 3 РЭ (3.4.1) и разделом 6 РО (6.2);

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

$$ПХП = \frac{\Delta E_{max}}{E_{max}} \cdot 100, \tag{1}$$

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

E_{max} – верхнее значение энергии из диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения, равное 3000 кэВ.

Результаты поверки считают положительными, если значение основной относительной погрешности характеристики преобразования не превышает 1 %.



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

- а) выполняют операции по 7.3.1 (а–г);
- б) устанавливают и фиксируют вплотную к боковой стороне корпуса УД эталонный источник гамма-излучения типа ОСГИ-3 с радионуклидом ^{137}Cs (активность от 8 до 24 кБк), при этом центр активной части источника должен совпадать с риской на боковой поверхности корпуса УД;
- в) иницируют набор спектра в соответствии с разделом 6 РО (6.2);
- г) регистрируют спектр от источника гамма-излучения 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} ;
- д) определяют значение относительного энергетического разрешения R , %, в соответствии с разделом 6 РО (6.2).

Результаты поверки считают положительными, если относительное энергетическое разрешение спектрометра не превышает 9,5 %.

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

- а) выполняют операции по 7.3.1 (а–г);
- б) устанавливают и фиксируют вплотную к боковой поверхности корпуса УД эталонный источник гамма-излучения типа ОСГИ-3 с радионуклидом ^{137}Cs (активность от 8 до 24 кБк), при этом центр активной части источника должен совпадать с риской на боковой поверхности корпуса УД;
- в) задают время набора спектра 200 с, для чего в режиме «Спектрометрия» выбирают пункт «Меню», далее – пункт «Время набора» и вводят значение 200;
- г) проводят набор спектра от источника гамма-излучения в соответствии с разделом 6 РО (6.2);
- д) определяют положение центра ППП n , значение энергии гамма-излучения E , кэВ, и значение относительного энергетического разрешения R , %, в соответствии с разделом 6 РО (6.2), при этом для более детального анализа формы ППП устанавливают маркер примерно в центре ППП и используют операцию расширения спектра в режиме отображения с одним маркером, установленным примерно в центре ППП;
- е) определяют левую $E_{л}$, кэВ, и правую $E_{п}$, кэВ, границы ППП по формулам

$$E_{л} = E - 0,015 \cdot E \cdot R, \quad (2)$$

$$E_{п} = E + 0,015 \cdot E \cdot R; \quad (3)$$

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

и) считывают с экрана КП измеренную скорость счета импульсов N , имп/с, в ППП в выделенном энергетическом окне;

к) убирают источник гамма-излучения с корпуса УД и измеряют фоновый спектр в течение 200 с, после чего выполняют операцию 7.3.3 (ж), считывают с экрана КП измеренную фоновую скорость счета импульсов $N_{ф}$, имп/с, в выделенном энергетическом окне;



л) определяют эффективность регистрации ε в ППП, %, 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 радионуклида ^{137}Cs в эталонном гамма-источнике типа ОСГИ-3 на дату его поверки (берут из свидетельства о поверке источника), Бк;
 $\eta = 0,851$ – квантовый выход фотонов с энергией 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs , фотон/распад;

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

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

Результаты поверки считают положительными, если эффективность регистрации в ППП для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs равна $(5,0 \pm 1,0)\%$ для МКС-АТ6104ДМ и $(8,0 \pm 1,6)\%$ для МКС-АТ6104ДМ1.

7.3.4 Определение основной относительной погрешности измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (далее – мощность дозы) гамма-излучения проводят на эталонной дозиметрической установке гамма-излучения с набором источников ^{137}Cs в контрольных точках в соответствии с таблицей 7.3 в следующей последовательности:

Таблица 7.3

Номер контрольной точки i	Мощность дозы в контрольной точке \dot{H}_{oi} , мкЗв/ч	Измерение мощности дозы в контрольной точке		Пределы допускаемой основной относительной погрешности Δ , %
		число измерений	статистическая погрешность, %, не более	
1	0,07*	3	10	± 20
2	0,70	3	5	
3	7,00	3	5	
4	40,0** 120,0***	3	3	

* Измерения проводят только при первичной поверке.
 ** Проверяют только для спектрометра МКС-АТ6104ДМ1.
 *** Проверяют только для спектрометра МКС-АТ6104ДМ.

а) выполняют операции по 7.3.1 (а–в);

б) переходят в режим «Дозиметрия», выбрав соответствующий пункт в поле переключения режимов;

в) устанавливают УД на дозиметрическую установку таким образом, чтобы центральная ось пучка излучения проходила через центр риски и перпендикулярно боковой поверхности корпуса УД;

г) устанавливают УД в i -ю контрольную точку на расстоянии r_i , мм, от центра источника до боковой поверхности корпуса УД, при этом $r_i = r_{oi} - 40$ мм, где r_{oi} – расстояние, соответствующее мощности дозы гамма-излучения $\dot{H}_{oi}^*(10)$ по данным свидетельства о поверке дозиметрической установки;



д) проводят измерение фона в i -й контрольной точке в соответствии с разделом 6 РО (6.4) со статистической погрешностью от 2 % до 3 %, при этом необходимо снять флажок «Фон вычтен», если он установлен;

е) переводят спектрометр в режим измерения с автоматическим вычитанием фона, нажав кнопку «Сохранить как фон» и устанавливают флажок «Фон вычтен»;

ж) подвергают УД облучению с заданной мощностью дозы $\dot{H}_m^*(10)$ и измеряют мощность дозы $\dot{H}_i^*(10)$ в i -й контрольной точке. Число измерений и статистическая погрешность каждого измерения должны соответствовать таблице 7.3;

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

к) определяют в i -й контрольной точке значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения мощности дозы гамма-излучения Δ_i , %, при доверительной вероятности 0,95 по формуле

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

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

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

$$\theta_{pri} = \frac{\bar{\dot{H}}_i^*(10) - \dot{H}_{oi}^*(10)}{\dot{H}_{oi}^*(10)} \cdot 100. \quad (6)$$

Результаты поверки считают положительными, если значения Δ_i для всех контрольных точек не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности Δ , указанных в таблице 7.3.



8 Оформление результатов поверки

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

8.2 Положительные результаты поверки оформляют:

а) при выпуске спектрометра из производства – записью в разделе «Свидетельство о приемке» РЭ даты проведения поверки, заверенной подписью поверителя и оттиском поверительного клейма;

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

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



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

Протокол поверки

Спектрометр МКС-АТ6104ДМ _____ зав. № _____

ДАТА ПОВЕРКИ _____
год, месяц, число

ПОВЕРКА ПРОВОДИЛАСЬ _____ поверочный орган

Условия поверки

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

Средства поверки

1 Внешний осмотр:

- документация _____
- комплектность _____
- отсутствие механических повреждений _____

2 Опробование:

- самоконтроль _____
- соответствие ПО _____

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО



3 Определение метрологических характеристик

3.1 Определение основной относительной погрешности характеристики преобразования

Таблица 1

Радионуклид	¹³⁷ Cs	¹⁰⁹ Cd	⁵⁷ Co	¹³⁹ Ce	¹¹³ Sn	⁵⁴ Mn	²² Na	¹⁵² Eu	²²⁸ Th
Энергия излучения E_{oi} , кэВ	662	88	122	166	392	835	1275	1408	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) $\leq 1\%$	

3.2 Определение относительного энергетического разрешения

Таблица 2

Источник гамма-излучения	Измеренное значение относительного разрешения R , %	Значение относительного разрешения (по ТУ) R , %
ОСГИ-3, ¹³⁷ Cs		$R \leq 9,5$

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

Таблица 3

Источник гамма-из- лучения	Положе- ние цен- тра ППП n , канал	Измерен- ное зна- чение энергии E , кэВ	Границы ППП E_L, E_P , кэВ	Скорость счета им- пульсов в ППП N , имп/с	Эффективность регистрации в ППП ϵ , %	ϵ , % (по ТУ)
ОСГИ-3, ¹³⁷ Cs			$E_L =$ $E_P =$			$5,0 \pm 1,0$ (для МКС-АТ6104ДМ) $8,0 \pm 1,6$ (для МКС-АТ6104ДМ1)

3.4 Определение основной относительной погрешности измерения мощности дозы гамма-излучения

Таблица 4

Мощность дозы в контрольной точке $\dot{H}_0^*(10)$, мкЗв/ч	Измерен- ные значения мощности дозы $\dot{H}_i^*(10)$, мкЗв/ч	Среднее значение $\bar{\dot{H}}_i^*(10)$, мкЗв/ч	Относи- тельная погрешность θ_{pri} , %	Доверительные границы основной относительной погрешности при поверке Δ , %	Пределы допускаемой основной относительной погрешности по ТУ Δ , %
0,07					
0,7					
7,0					
40,0 (для МКС-АТ6104ДМ1)					
120,0 (для МКС-АТ6104ДМ)					



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	-	2-14	15	-	15	ТИАЯ.31-2016		<i>KB</i>	26.08.2016

