

СОГЛАСОВАНО



Директор УП «АТОМТЕХ»

В.А.Кожемякин

2015

УТВЕРЖДАЮ



Директор БелГИМ

В.Л.Гуревич

2015

Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь

**КОМПЛЕКС РАДИАЦИОННОГО СКАНИРОВАНИЯ МОБИЛЬНЫЙ
МКС-АТ6103**

Методика поверки

ТИАЯ.412155.013 МП

МРБ МП.2558-2015

н.р. 64171-16

РАЗРАБОТЧИК

Главный метролог – начальник от-
дела радиационной метрологии

УП «АТОМТЕХ»

В.Д.Гузов В.Д.Гузов

«27» 10 2015

Начальник лаборатории программ-
ного обеспечения УП «АТОМТЕХ»

Е.В.Быстров Е.В.Быстров

«26» 10 2015



Имв. н 15106

Содержание

1	Вводная часть.....	3
2	Операции поверки	3
3	Средства поверки.....	4
4	Требования к квалификации поверителей	5
5	Требования безопасности	5
6	Условия поверки и подготовка к ней	5
7	Проведение поверки.....	6
	7.1 Внешний осмотр.....	6
	7.2 Опробование	6
	7.3 Определение метрологических характеристик	7
8	Оформление результатов поверки	14
	Приложение А (рекомендуемое) Форма протокола поверки	15

Мэке 23/07 (В.А.Гусов)



1 Вводная часть

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на комплекс радиационного сканирования мобильный МКС-АТ6103 (далее – комплекс).

Методика поверки устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки и соответствует ГОСТ 26874-86 «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 8.355-79 «Радиометры нейтронов. Методы и средства поверки», Рекомендации МИ 2513-99 «Радиометры нейтронов. Методика поверки на установках типа УКПН (КИС-НРД-МБм)».

1.2 Первичной поверке подлежат комплексы, выпускаемые из производства.

1.3 Периодической поверке подлежат комплексы утвержденного типа, находящиеся в эксплуатации или на хранении, через межповерочные интервалы.

Интервал между поверками – 12 мес.

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

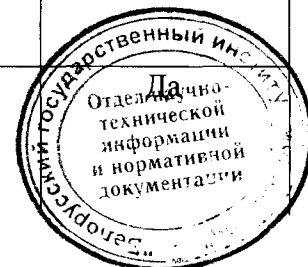
1.5 Поверка комплексов должна осуществляться юридическими лицами государственной метрологической службы или аккредитованными поверочными лабораториями других юридических лиц.

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:			
3.1 Определение основной относительной погрешности характеристики преобразования и проверка диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения;	7.3.1	Да	Да
3.2 Определение относительного энергетического разрешения;	7.3.2	Да	Да
3.3 Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения с энергией гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs ;	7.3.3	Да	Да



Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
3.4 Определение основной относительной погрешности измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (мощности дозы) гамма-излучения;	7.3.4	Да	Да
3.5 Определение уровня собственного фона комплекса с блоком детектирования нейтронного излучения БДКН-05;	7.3.5	Да	Да
3.6 Определение чувствительности комплекса с блоком детектирования нейтронного излучения БДКН-05 к прямому нейтронному излучению плутоний-бериллиевого источника	7.3.6	Да	Да
4 Оформление результатов поверки	8	Да	Да

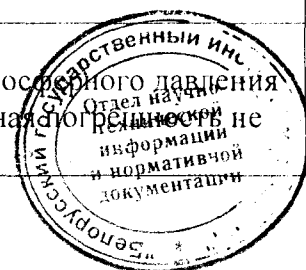
2.2 При получении отрицательных результатов при проведении операций поверка должна быть прекращена.

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
7.3.1-7.3.4	Эталонные спектрометрические источники гамма-излучения типа ОСГИ-3	Активность от 3 до 180 кБк. Энергия гамма-излучения от 22 до 2614 кЭв. Погрешность аттестации по активности не более $\pm 6 \%$
7.3.5-7.3.6	Эталонная дозиметрическая установка гамма-излучения по ГОСТ 8.087-2000 с набором источников ^{137}Cs	Диапазон измерений мощности кермы в воздухе от 0.025 мкГр/ч до 10 Гр/ч. Погрешность аттестации установки не более $\pm 5 \%$
7.3.5-7.3.6	Эталонный плутоний-бериллиевый источник быстрых нейтронов по ГОСТ 8.031-82 типа ИБН, применяемый в открытой геометрии или в установках типа УКПН	Поток быстрых нейтронов от источника в телесный угол 4π ср от $3 \cdot 10^5$ до $5 \cdot 10^7 \text{ с}^{-1}$. Плотность потока нейтронов на расстоянии 1 м от источника 2,5 - 1000 $\text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$. Погрешность аттестации по плотности потока не более $\pm 8 \%$
6.1	Термометр	Цена деления 1 °С. Диапазон измерений температуры от 10 °С до 40 °С
6.1	Барометр	Цена деления 1 кПа. Диапазон измерений атмосферного давления от 60 до 120 кПа. Основная погрешность не более $\pm 0,2$ кПа



Номер пункта методики поверки	Наименование и тип эталонов и вспомогательных средств поверки	Метрологические и основные технические характеристики
6.1	Измеритель влажности	Диапазон измерений относительной влажности воздуха от 20 % до 90 %. Основная погрешность не более $\pm 5 \%$
6.1	Дозиметр гамма-излучения	Диапазон измерений мощности дозы гамма-излучения 0,1 до 10 мкЗв/ч. Основная погрешность не более $\pm 20 \%$
<p>Примечания</p> <p>1 Все средства измерений должны иметь действующие клейма и (или) свидетельства о проведении поверки. Допускается применять другие средства измерений с метрологическими характеристиками не хуже указанных.</p> <p>2 Переход к единицам дозы (Зв) от единиц кермы в воздухе (Гр) для гамма-излучения источника ¹³⁷Cs осуществляется с помощью коэффициента преобразования, равного 1,20 Зв/Гр.</p> <p>3 Для расчета контрольной суммы программного обеспечения допускается применять стандартные средства, например, Total Commander, Double Commander.</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 12.2.091-2002 для оборудования класса III (степень загрязнения 2, категория монтажа II). Сетевой адаптер для заряда блока аккумуляторов, входящий в комплект поставки комплексов, соответствует требованиям безопасности для оборудования класса II (степень загрязнения 2, категория монтажа II) по ГОСТ 12.2.091-2002.

5.2 При проведении поверки должны быть соблюдены требования 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». СанПиН от 28.12.2012 № 213 Санитарные нормы и правила «Требования к радиационной безопасности» и ГН от 28.12.2012 № 213 Гигиенический норматив «Критерии оценки радиационного воздействия».

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 $(20 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$
- 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 При подготовке к поверке необходимо:

- а) внимательно ознакомиться с руководством по эксплуатации (РЭ);
- б) выдержать комплекс в рабочих футлярах в нормальных условиях в течение не менее 2 ч;
- в) извлечь составные части комплекса из рабочих футляров и расположить их на рабочем месте;
- г) подготовить средства поверки в соответствии с их технической документацией.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При проведении внешнего осмотра проверяют:

- соответствие комплектности поверяемого комплекса требованиям раздела 1 РЭ (1.3) в объеме, необходимом для поверки;
- наличие свидетельства о предыдущей поверке (при периодической поверке);
- наличие четких маркировочных надписей на рабочих футлярах и блоках детектирования комплекса;
- отсутствие загрязнений, механических повреждений, влияющих на работоспособность комплекса.

7.2 Опробование

При опробовании проводят:

7.2.1 Проверку выполнения самоконтроля основных узлов комплекса в соответствии с разделом 2 РЭ (2.5).

7.2.2 Подтверждение соответствия программного обеспечения (далее – ПО).

Подтверждение соответствия ПО проводят идентификацией ПО и проверкой защиты ПО от несанкционированного доступа во избежание искажения результатов измерений.

7.2.2.1 Проверка соответствия встроенного ПО осуществляется контролем отсутствия сообщений тестов самоконтроля об ошибках и проверкой целостности пломб на устройствах, входящих в комплект поставки комплексов.

7.2.2.2 Для идентификации прикладного ПО комплекса необходимо:

- а) включить планшетный компьютер (КП), открыть папку «Program files\АТОМТЕХ\АТ6103»;
- б) с помощью программы для расчёта контрольной суммы (Total Commander, Double Commander и др.) подсчитать по методу MD5 контрольную сумму файла «АТ6103.exe»;
- в) для проверки номера версии ПО необходимо выбрать пункт «Свойства», нажав на файл «АТ6103.exe» правой кнопкой мыши. В окне «Свойства» выбрать вкладку «Подробно». В списке свойств значение «Версия файла» соответствует номеру версии ПО;
- г) сравнить полученные значения номера версии и контрольной суммы со значениями, приведенными в таблице 7.1.



Таблица 7.1

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
АТ6103	АТ6103.exe	1.0.1.20; 1.X.Y.Z*	a6f2a5143ba83426885cefc9a2b9c2c5	MD5
* X, Y, Z – составная часть номера версии ПО. X, Y, Z числа в диапазоне от 0 до 99. Цифровой идентификатор ПО дан только для версии 1.0.1.20 «АТ6103.exe». Текущий номер версии и идентификационные данные вносятся в раздел «Свидетельство о приёмке» РЭ при первичной поверке				

Результаты опробования считают удовлетворительными, если комплекс после прохождения самоконтроля перешел в режим стабилизации, отсутствуют сообщения об ошибках, а идентификационные данные внешнего ПО соответствуют приведенным в таблице 7.1 и в разделе РЭ «Свидетельство о приёмке».

7.3 Определение метрологических характеристик

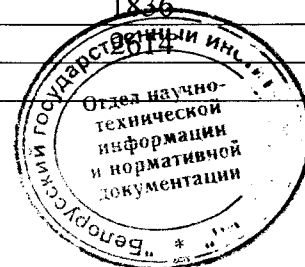
7.3.1 Определение основной относительной погрешности характеристики преобразования и проверку диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения проводят в следующей последовательности:

- включают и проводят стабилизацию комплекса в соответствии с разделом 2 РЭ;
- переводят комплекс в режим «Спектрометрия» в соответствии с разделом 6 РО и устанавливают поочередно эталонные спектрометрические источники гамма-излучения типа ОСГИ-3 с радионуклидами, указанными в таблице 7.2, перед торцевой поверхностью блока детектирования БДКГ-11М и перед боковой поверхностью блока детектирования БДКГ-28;

Таблица 7.2

Номер источника	Радионуклид	Номер энергии гамма-излучения	Энергия излучения E_{oi} , кэВ
1	¹³⁷ Cs	1	32*
		2	662
2	¹⁰⁹ Cd	3	22*
		4	88
3	²⁴¹ Am	5	59,5
4	¹⁵² Eu	6	40*
		7	1408
5	⁵⁷ Co	8	122
6	¹³⁹ Ce	9	166
7	¹¹³ Sn	10	392
8	⁵⁴ Mn	11	835
9	²² Na	12	1275
10	⁸⁸ Y	13	1836
11	²²⁸ Th	14	

* Используют только для блока детектирования БДКГ-11М



в) инициируют процесс измерения спектра гамма-излучения для каждого источника для каждого блока детектирования отдельно. Наблюдают измеряемый спектр в каналах с номерами от 0 до 1023. По оси ординат отображается число импульсов, накопленных в каналах спектра. По оси абсцисс спектра нормируется зависимость между значениями энергии регистрируемого гамма-излучения и номерами каналов (характеристика преобразования). Позиция подвижного маркера (вертикальная черта) на оси абсцисс отображается на экране ПК в верхней строке вида спектра согласно РО «АТ6103»;

г) считывают значение скорости счета импульсов от источника гамма-излучения, индицируемое в верхней строке экрана ПК, значение которой должно находиться в пределах от 250 до 10000 с⁻¹. Если это требование не выполняется, то изменяют расстояние между источником и блоком детектирования и повторяют операции согласно 7.3.1 (в - д);

д) измеряют спектр от источника гамма-излучения до достижения значения интегрального числа импульсов в пике полного поглощения (ППП) не менее 10000. Интегральное число импульсов в ППП определяется согласно разделу 6 РО «АТ6103»;

е) определяют положение центра ППП и соответствующее ему значение энергии гамма-излучения E_i , кэВ, согласно разделу 6 РО «АТ6103»;

ж) определяют основную относительную погрешность характеристики преобразования (ПХП) комплекса, %, по формуле

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

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

E_{max} – верхняя граница диапазона энергий, равная 3000 кэВ.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если значение основной относительной погрешности характеристики преобразования комплекса не превышает $\pm 1\%$.

7.3.2 Определение относительного энергетического разрешения проводят в следующей последовательности:

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

б) размещают и фиксируют вплотную к торцевой поверхности корпуса блока детектирования БДКГ-11М и к боковой поверхности корпуса блока детектирования БДКГ-28 эталонный источник гамма-излучения типа ОСГИ-3 с радионуклидом ¹³⁷Cs, при этом центр активной части источника должен совпадать с геометрическим центром торцевой поверхности корпуса блока детектирования;

в) измеряют спектр гамма-излучения 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 10000 с⁻¹. Интегральное число импульсов в ППП определяется согласно разделу 6 РО «АТ6103»;

г) определяют значение относительного энергетического разрешения R , %, согласно разделу 6 РО «АТ6103».

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

- 8,5 % для блока детектирования БДКГ-11М;
- 9,0 % для блока детектирования БДКГ-28.



7.3.3 Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения с энергией гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs источника гамма-излучения типа ОСГИ-3 проводят в следующей последовательности:

- а) выполняют операции согласно 7.3.1 (а, б);
- б) измеряют фоновый спектр до 100 с и сохраняют его в памяти комплекса;
- в) выполняют операции согласно 7.3.2 (б);
- г) устанавливают режим вычитания фонового спектра согласно разделу 6 РО «АТ6103»;

д) измеряют спектр от эталонного источника гамма-излучения типа ОСГИ-3 с радионуклидом ^{137}Cs с автоматическим вычитанием фонового спектра. По истечении заданного времени набора 100 с измерение спектра будет автоматически остановлено;

е) определяют значение энергии излучения E , кэВ, и значение относительного энергетического разрешения R , %, согласно разделу 6 РО «АТ6103»;

ж) рассчитывают левую E_n , кэВ, и правую E_n , кэВ, границы ППП по формулам

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

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

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

к) считают с экрана комплекса измеренную скорость счета импульсов N , с^{-1} , в ППП в выделенном энергетическом окне $[E_n, E_n]$;

л) определяют эффективность регистрации комплекса в ППП ε , %, для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs 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 эталонном гамма-источнике ОСГИ-3 на дату его поверки (берут из свидетельства о поверке источника), Бк;

$\eta = 0,851$ – среднее число гамма-квантов, испускаемых при одном акте распада радионуклида ^{137}Cs ;

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

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

Результаты поверки считают удовлетворительными, если эффективность регистрации в ППП для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида ^{137}Cs точечного источника типа ОСГИ-3 равна:

- $(7,32 \pm 1,46)$ % для блока детектирования БДКГ-11М;
- $(24,7 \pm 4,94)$ % для блока детектирования БДКГ-28.

7.3.4 Определение основной относительной погрешности измерения мощности дозы $\dot{H}^*(10)$ гамма-излучения для комплекса проводят на эталонной дозиметрической установке гамма-излучения с набором источников ^{137}Cs в контрольных точках согласно таблице 7.3 для комплекса с блоком детектирования БДКГ-11М, согласно



комплекса с блоком детектирования БДКГ-04 и согласно таблице 7.5 – для комплекса с блоком детектирования БДКГ-28 в следующей последовательности:

а) включают комплекс согласно разделу 2 РЭ;

б) устанавливают блок детектирования БДКГ-11М (БДКГ-04 или БДКГ-28) на дозиметрическую установку. Для блока детектирования БДКГ-11М центральная ось пучка излучения должна проходить через центр и перпендикулярно торцевой поверхности корпуса, ориентированной в сторону источника излучения. Для блока детектирования БДКГ-28 центральная ось пучка излучения должна проходить через метку на боковой поверхности корпуса и перпендикулярно ей. Для блока детектирования БДКГ-04 центральная ось пучка излучения должна проходить через метку на торцевой поверхности корпуса (на защитном колпачке);

в) устанавливают блок детектирования в *i*-ю контрольную точку на расстоянии r_i , мм, от центра источника ^{137}Cs до поверхности блока детектирования, при этом:

$$r_i = r_{0i} - 27, \text{ мм} \quad \text{для блока детектирования БДКГ-28;}$$

$$r_i = r_{0i} - 30, \text{ мм} \quad \text{для блока детектирования БДКГ-11М,}$$

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

Расстояние r_i , мм, для *i*-й контрольной точки для блока детектирования БДКГ-04 определяют от центра источника ^{137}Cs до кольцевой риски на корпусе блока детектирования;

г) включают комплекс и выдерживают его во включенном состоянии 1 мин;

д) проводят измерение мощности дозы гамма-излучения фона $\dot{H}_{\phi i}^*(10)$ в *i*-й контрольной точке со статистической погрешностью не более 5 % (не более 2 % в первой контрольной точке);

е) подвергают блок детектирования воздействию гамма-излучения с заданной мощностью дозы $\dot{H}_{0i}^*(10)$ в *i*-й контрольной точке и проводят измерение мощности дозы гамма-излучения $\dot{H}_i^*(10)$. Число измерений и статистическая погрешность каждого измерения должны соответствовать таблицам 7.3, 7.4 и 7.5;

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

и) определяют в *i*-й контрольной точке значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения Δ_i , %, с доверительной вероятностью 0,95 по формуле

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

где θ_{0i} – основная относительная погрешность дозиметрической установки в *i*-й контрольной точке, %, приведенная в свидетельстве о поверке на установку;

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

$$\theta_{\text{при}} = \frac{\bar{\dot{H}}_i^*(10) - \dot{H}_{\phi i}^*(10) - \dot{H}_{0i}^*(10)}{\dot{H}_{0i}^*(10)} \quad (6)$$



Таблица 7.3

Номер контрольной точки i	Мощность дозы в контрольной точке $\dot{H}_i^*(10)$, мкЗв/ч	Измерение комплексом с блоком детектирования БДКГ-11М мощности дозы гамма-излучения в контрольной точке		Пределы допускаемой основной относительной погрешности Δ , %
		число измерений	статистическая погрешность, %, не более	
1	0,03	3	10	± 20
2	0,07	3	10	± 20
3	0,70	3	5	± 20
4	7,00	3	5	± 20
5	70,00	3	3	± 20
6	130,00	3	3	± 20

Примечания
 1 – Измерения в точке 1 проводят только при первичной поверке.
 2 – В контрольных точках 5, 6 значением фона можно пренебречь

Таблица 7.4

Номер контрольной точки i	Мощность дозы в контрольной точке $\dot{H}_i^*(10)$	Измерение комплексом с блоком детектирования БДКГ-04 мощности дозы гамма-излучения в контрольной точке		Пределы допускаемой основной относительной погрешности Δ , %
		число измерений	статистическая погрешность, %, не более	
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

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



Таблица 7.5

Номер контрольной точки i	Мощность дозы в контрольной точке $\dot{H}_i^*(10)$, мкЗв/ч	Измерение комплексом с блоком детектирования БДКГ-28 мощности дозы гамма-излучения в контрольной точке		Пределы допускаемой основной относительной погрешности Δ , %
		число измерений	статистическая погрешность, %, не более	
1	0,03	3	10	± 20
2	0,07	3	10	± 20
3	0,70	3	5	± 20
4	5,00	3	5	± 20

Примечание – Измерения в точке 1 проводят только при первичной поверке

Результаты поверки считают удовлетворительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности результатов измерений мощности дозы гамма-излучения для всех контрольных точек не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности Δ , указанных в таблицах 7.3-7.5.

7.3.5 Определение уровня собственного фона (скорости счёта фонового излучения при естественном нейтронном фоне $\sim 0,015$ нейтр/с·см²) комплекса с блоком детектирования нейтронного излучения БДКН-05 проводят в следующей последовательности:

- а) включают комплекс согласно разделу 2 РЭ;
- б) определяют уровень собственного фона комплекса (скорость счёта импульсов N_0 , с⁻¹, обусловленных фоновым излучением) в течение не менее 30 мин;

Результаты поверки считают удовлетворительными, если измеренные значения собственного фона комплекса N_0 находятся в пределах от 0,05 до 0,25 с⁻¹.

7.3.6 Определение чувствительности комплекса с блоком детектирования нейтронного излучения БДКН-05 к прямому нейтронному излучению плутоний-бериллиевого источника проводят в открытой геометрии или на установках типа УКПН в следующей последовательности:

- а) выполняют операции согласно 7.3.5 (а);
- б) устанавливают на расстоянии $(95,5 \pm 0,5)$ см от боковой поверхности корпуса блока детектирования БДКН-05 плутоний-бериллиевый источник, обеспечивающий на расстоянии 1 м плотность потока нейтронного излучения в диапазоне от 2,5 до 500 с⁻¹·см². При этом центральная ось пучка излучения должна проходить через метку на боковой поверхности корпуса блока детектирования БДКН-05 и перпендикулярно ей;
- в) измеряют скорость счёта N , с⁻¹, от источника до достижения статистической погрешности не более 1 %;
- г) определяют чувствительность S , имп·см²/нейтр, по формуле

$$S = \frac{N - N_0}{\varphi(r_0)} \cdot b(r_0) \cdot K, \tag{7}$$



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 счета импульсов, обусловленных фоновым излучением, с⁻¹;

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

K – коэффициент, используемый при поверке на установках типа УКПН и обусловленный зависимостью чувствительности блока детектирования БДКН-05 от энергии нейтронного излучения.

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

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

Коэффициент $b(r_0)$ определяется следующим образом:

1) для открытой геометрии по формуле

$$b(r_0) = \frac{N - N_c}{N - N_0}, \quad (8)$$

где N – скорость счета от нейтронного источника, измеренная согласно 7.3.6 (в, г), с⁻¹;

N_c – скорость счета от нейтронного источника, с установленным между источником и блоком детектирования теньвым конусом, измеренная со статистической погрешностью не более 2 %, с⁻¹;

N_0 – скорость счета импульсов, обусловленных фоновым излучением, измеренная согласно 7.3.5 (б), с⁻¹;

2) для установок типа УКПН коэффициент $b(r_0)$ определяется на конкретной установке для данного типа блока детектирования согласно 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 типа УКПН можно определить по формуле

$$b(r_0) \cdot K = \frac{S \cdot \varphi(r_0)}{N - N_0} \quad (9)$$

где S – чувствительность комплекса, 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 счета от нейтронного источника в точке калибровки, с⁻¹;

N_0 – скорость счета импульсов, обусловленных фоновым излучением, с⁻¹.

Полученное по формуле (9) значение используют при последующих проверках комплекса с блоком детектирования БДКН-05 на данной установке типа УКПН.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если значение чувствительности комплекса к нейтронному излучению плутоний-бериллиевого источника составляет $8,6 \pm 1,7$ имп·см²/нейтр.



8 Оформление результатов поверки

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

8.2 Положительные результаты поверки удостоверяются:

- а) при выпуске комплекса из производства:
 - записью о поверке в разделе РЭ «Свидетельство о приемке», заверенной подписью и оттиском поверительного клейма;
 - нанесением клейма-наклейки поверителя на боковую поверхность корпусов БД;
- б) при эксплуатации и выпуске комплекса после ремонта – нанесением клейма-наклейки поверителя на корпуса БД и выдачей свидетельства о поверке по форме в соответствии с приложением Г ТКП 8.003-2011.

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



Приложение А (рекомендуемое) Форма протокола поверки

Комплекс радиационного сканирования мобильный МКС-АТ6103 зав. № _____

ДАТА ПОВЕРКИ _____

ПОВЕРКА ПРОВОДИЛАСЬ _____
поверочный орган

Условия поверки:

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

СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

1 Внешний осмотр:

- документация _____
- комплектность _____
- отсутствие механических повреждений _____

2 Опробование:

- самоконтроль _____
- соответствие ПО _____



Таблица А.1

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
АТ6103	АТ6103.exe			MD5

3 Определение метрологических характеристик

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

Таблица А.2

Радионуклид	Номер энергии гамма-излучения	Энергия излучения E_{oi} , кэВ	Измеренное значение энергии E_i , кэВ		$\Delta E_i = E_{oi} - E_i $, кэВ	
			БДКГ-11М	БДКГ-28	БДКГ-11М	БДКГ-28
¹³⁷ Cs	1	32*		-		-
	2	662				
¹⁰⁹ Cd	3	22*		-		-
	4	88				
²⁴¹ Am	5	59,5				
¹⁵² Eu	6	40*		-		-
	7	1408				
⁵⁷ Co	8	122				
¹³⁹ Ce	9	166				
¹¹³ Sn	10	392				
⁵⁴ Mn	11	835				
²² Na	12	1275				
⁸⁸ Y	13	1836				
²²⁸ Th	14	2614				
$\Delta E_{max} =$ кэВ		ПХП (при поверке) = %		ПХП (по ТУ) ≤ 1 %		

* Используют только для БДКГ-11М

3.2 Определение относительного энергетического разрешения

Таблица А.3

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		$R \leq 8,5$ % для БДКГ-11М $R \leq 9$ % для БДКГ-28



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

Таблица А.4

Тип источника гамма-излучения	Положение центра ППП n , канал	Измеренное значение энергии E , кэВ	Границы ППП E_d , E_n , кэВ	Скорость счета импульсов фона N_ϕ , с ⁻¹	Скорость счета импульсов в ППП N , с ⁻¹	Эффективность регистрации в ППП ε , %	Эффективность регистрации в ППП ε , % (по ТУ)
ОСГИ-3			$E_d =$				$(7,32 \pm 1,46)^1$
$A_0 =$ Бк			$E_n =$				$(24,7 \pm 4,94)^2$

¹⁾ Для блока детектирования БДКГ-11М.
²⁾ Для блока детектирования БДКГ-28

3.4 Определение основной относительной погрешности измерения мощности дозы гамма-излучения

Таблица А.5

	Мощность дозы в контрольной точке $\dot{H}_i^*(10)$, мкЗв/ч	Мощность дозы фона \dot{H}_ϕ , мкЗв/ч	Измеренные значения мощности дозы H_i , мкЗв/ч, блоком детектирования БДКГ-11М	Относительная погрешность измерения мощности дозы в i -й контрольной точке θ_{pri} , %	Основная относительная погрешность при поверке Δ_i , %	Пределы допускаемой основной относительной погрешности по ТУ Δ , %
1	0,03					± 20
2	0,07					± 20
3	0,7					± 20
4	7,0					± 20
5	70,0					± 20
6	130,0					± 20

Примечания
 1 – Измерения в точке 1 проводят только при первичной поверке
 2 – В контрольных точках 5, 6 значением фона можно пренебречь



Таблица А.6

	Мощность дозы в контрольной точке \dot{H}_{oi}	Мощность дозы фона \dot{H}_{ϕ} , мкЗв/ч	Измеренные значения мощности дозы H_i , мкЗв/ч, блоком детектирования БДКГ-04	Относительная погрешность измерения мощности дозы в i-й контрольной точке $\theta_{при}$, %	Основная относительная погрешность при поверке Δ_i , %	Пределы допускаемой основной относительной погрешности по ТУ Δ , %
1	0,07 мкЗв/ч					± 20
2	0,7 мкЗв/ч					± 20
3	7,0 мкЗв/ч					± 20
4	70,0 мкЗв/ч					± 20
5	0,7 мЗв/ч					± 20
6	7,0 мЗв/ч					± 20
7	70,0 мЗв/ч					± 20
8	0,7 Зв/ч					± 20
9	7,0 Зв/ч					± 20

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

Таблица А.7

	Мощность дозы в контрольной точке $\dot{H}_i^*(10)$, мкЗв/ч	Мощность дозы фона \dot{H}_{ϕ} , мкЗв/ч	Измеренные значения мощности дозы H_i , мкЗв/ч блоком детектирования БДКГ-28	Относительная погрешность измерения мощности дозы в i-й контрольной точке $\theta_{при}$, %	Основная относительная погрешность при поверке Δ_i , %	Пределы допускаемой основной относительной погрешности по ТУ Δ , %
1	0,03					± 20
2	0,07					± 20
3	0,7					± 20
4	5,0					± 20

Примечания – Измерения в точке 1 проводят только при первичной поверке

3.5 Определение уровня собственного фона (скорости счёта фонового излучения при естественном нейтронном фоне $\sim 0,015$ нейтр/с·см²) комплекса с блоком детектирования нейтронного излучения БДКН-05

Таблица А.8

Измеренное значение скорости счёта, N_0 , с ⁻¹	Значение уровня собственного фона по ТУ, с ⁻¹
	от 0,05 до 0,25



3.6 Определение чувствительности комплекса с блоком детектирования нейтронного излучения БДКН-05 к прямому нейтронному излучению плутоний-бериллиевого источника

Таблица А.9

Плотность потока в контрольной точке $\varphi(r_0)$, $\text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	Тип и № источника	Расстояние до источника, r_0 , см	Значение произведения, $b(r_0) \cdot K$	Измеренное значение скорости счета импульсов, N , с^{-1}	Значение чувствительности S , $\text{имп} \cdot \text{см}^2 / \text{нейтр}$	Значение чувствительности по ТУ, $\text{имп} \cdot \text{см}^2 / \text{нейтр}$
5-1000						$8,6 \pm 1,7$

ВЫВОДЫ _____

Свидетельство (заключение о непригодности) № _____ от _____

Поверку провел _____ (личная подпись) () фамилия



Лист регистрации изменений

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

