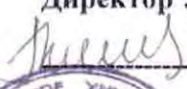


СОГЛАСОВАНО

Директор УП «Атомтех»



В.А. Кожемякин

2002 г.



УТВЕРЖДАЮ

Директор БелГИМ



Н.А. Жагора

2002 г.



Спектрометр излучения человека
СКГ-АТ1316

Методика поверки

ТИАЯ.412151.006 МП

МП.МН 1169-2002



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 | 6 |
| 7 | Проведение поверки..... | 6 |
| 8 | Оформление результатов поверки | 17 |
| | Приложение А (рекомендуемое) Форма протокола поверки | 18 |



16.04.2015 KB

1 Вводная часть

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на спектрометр излучения человека СКГ-АТ1316 (далее – СИЧ), предназначенный для измерения активности инкорпорированных гамма-излучающих радионуклидов во всем теле человека.

1.2 Первичной поверке подлежат СИЧ утвержденного типа, выпускаемые из производства.

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

Межповерочный интервал – 12 мес.

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

1.5 Поверка СИЧ 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 | 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 диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения и значения интегральной нелинейности (ИНЛ) | 7.3.1 | Да | Нет |
| 3.2 Определение относительного энергетического разрешения для энергии 661,6 кэВ при измерении с радионуклидным источником ^{137}Cs | 7.3.2 | Да | Да |
| 3.3 Определение чувствительности СИЧ при измерении активности радионуклида ^{137}Cs в фантоме тела человека | 7.3.3 | Да | Нет |
| 3.4 Определение эффективности регистрации СИЧ в пике полного поглощения (ППП) при использовании гамма-источника ^{137}Cs | 7.3.4 | Да | Нет |
| 3.5 Определение эффективности регистрации СИЧ в ППП для энергии 661,6 кэВ при измерении стандартных образцов активности инкорпорированного радионуклида ^{137}Cs | 7.3.5 | Да | Нет |



Продолжение таблицы 2.1

| Наименование операции | Номер пункта методики | Проведение операции при | |
|--|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| | | первичной поверке | периодической поверке |
| 3.6 Определение основной относительной погрешности измерения активности радионуклида ^{137}Cs в фантоме тела человека | 7.3.6, 7.3.7, 7.3.8, 7.3.9 | Да | Да |
| 3.7 Определение коэффициентов перехода к активности радионуклида ^{137}Cs в эталонном гамма-источнике | 7.3.10 | Да | Нет |
| 3.8 Определение минимальной измеряемой активности (МИА) радионуклида ^{137}Cs в фантоме всего тела человека за время измерения один час при статистической погрешности 50 % ($P=0,95$). | 7.3.11 | Да | Нет |

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 | Наименование и тип эталонов и вспомогательных средств поверки | Основные метрологические характеристики |
|--------------------------------|--|--|
| 7.3.1 | Комплект эталонных источников гамма-излучения типа ОСГИ-3 | Энергия гамма-излучения от 50 до 3000 кэВ; активность 10^4 Бк, $\delta \leq 6\%$ ($P=0,95$) |
| 7.3.4; 7.3.7; 7.3.9; 7.3.10 | Эталонный источник гамма-излучения ^{137}Cs типа ОСГИ-3 | Активность $(1,00 \pm 0,25) \cdot 10^4$ Бк |
| 7.3.3; 7.3.5; 7.3.6; 7.3.8 | Стандартные образцы (СО) активности инкорпорированного радионуклида ^{137}Cs – унифицированный фантом, тип УФ-02Г | Активность ^{137}Cs в СО от 0,56 до 39,6 кБк, $\delta \leq 6\%$ ($P=0,95$) Характеристики фантома приведены в приложении В РЭ. |
| 7.3.2 | Эталонный источник с радионуклидом ^{137}Cs , входящий в комплект поставки | Активность 9 кБк |
| 7.3.4; 7.3.10 | Держатель контрольного источника, входящий в комплект поставки | Расстояние источник-детектор $(10,00 \pm 0,15)$ см в точечной геометрии измерения |
| 6.1 | Термометр | Цена деления 1°C . Диапазон измерений от 10°C до 40°C |
| 6.1 | Измеритель влажности | Диапазон измерения влажности от 20% до 90%. Погрешность измерения не более $\pm 5\%$ |



Продолжение таблицы 3.1

| Номер пункта методики | Наименование и тип эталонов и вспомогательных средств поверки | Основные метрологические характеристики |
|--|--|---|
| 6.1 | Барометр | Цена деления 1 кПа. Диапазон измерения от 60 до 120 кПа |
| 6.1 | Дозиметр гамма-излучения типа ДКС-АТ1121, МКС-АТ6130 | Нижняя граница диапазона измерения мощности амбиентного эквивалента дозы не более 0,1мкЗв/ч, основная погрешность не более $\pm 20\%$ |
| 7.2 | Материалы для проведения дезактивации блоков фантома - марля, ватные тампоны, спирт этиловый ректифицированный | Спирт этиловый ректифицированный из расчета 100 г на одну промывку |
| Примечание - Все средства измерений должны иметь действующие клейма и (или) свидетельства о поверке. Допускается применять другие средства измерений с метрологическими характеристиками, не хуже указанных. | | |

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 требованиям безопасности СИЧ соответствует требованиям, установленным, ГОСТ 30324.0 по классу защиты II для изделий типа В.

5.2 Персональный компьютер должен иметь сертификат соответствия.

5.3 Кресло СИЧ должно быть устойчиво к опрокидыванию при размещении в нем обследуемого массой до 150 кг.

5.4 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», а также требования безопасности, приведенные в руководстве по эксплуатации на СИЧ.

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



16.04.2015 KB

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 воздуха от 30 % до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- внешний 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:

- а) ознакомиться с руководством по эксплуатации (РЭ) и руководством оператора (РО) на СИЧ;
- б) подготовить СИЧ к работе в соответствии с разделом 4 РЭ (4.3-4.22);
- в) подготовить к работе ПК и средства поверки в соответствии с их технической документацией.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

- а) соответствие комплектности поверяемого СИЧ требованиям раздела 1 РЭ (1.3) в объеме, необходимом для поверки;
- б) наличие свидетельства о предыдущей поверке (при периодической поверке);
- в) отсутствие на СИЧ загрязнений, механических повреждений, влияющих на его работоспособность.

7.2 Опробование

7.2.1 При проведении опробования проводят:

- а) проверку работоспособности СИЧ;
- б) подтверждение соответствия программного обеспечения.

7.2.2 Проверку работоспособности СИЧ проводят в соответствии с разделом 5 РЭ (5.3).

7.2.3 Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО) СИЧ состоит из проверки наличия и соответствия идентификационных данных и обеспечения защиты ПО «SICH1316» от несанкционированного доступа во избежание искажения результатов измерения.

Для проверки соответствия ПО необходимо проверить соответствие значений контрольной суммы, рассчитанной по методу MD5 и указанной 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 |
|---|-----------------------------------|---|---|---|
| SICH1316 | SICH 1316_rus.exe | 1.5.3.10; 1.x.y.z* | 5d964c0a623cb1bc736f630 7d8bd63a2** | MD5 |
| <p>* x, y, z – составная часть номера версии ПО: x, y принимаются равными от 0 до 9; z принимается равной от 1 до 999;</p> <p>** Контрольная сумма относится к версии ПО 1.5.3.10.</p> <p>Идентификационные данные для версии ПО 1.x.y.z вносятся в раздел «Свидетельство о приемке» руководства по эксплуатации и в протокол поверки при первичной поверке</p> | | | | |

Результаты опробования считают удовлетворительными, если после установления рабочего режима на экране появляется сообщение «Все параметры в норме» и идентификационные данные ПО соответствуют приведенным в таблице 7.1.

7.3 Определение метрологических характеристик

7.3.1 Определение диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения и значения интегральной нелинейности (ИНЛ) провести с использованием эталонных гамма-источников, указанных в таблице 7.2.

Таблица 7.2

| Обозначение радионуклида | ^{57}Co | ^{137}Cs | ^{60}Co |
|------------------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Энергия гамма-излучения, кэВ | 122,1 | 661,6 | 1173; 1333 |

Провести подготовку СИЧ к работе в соответствии с разделом 5 РЭ (5.3). Для каждой из указанных в таблице 7.2 энергий гамма-источника определить положение центроиды ППП по следующей методике:

- установить держатель на кресло СИЧ в соответствии с приложением Г (РЭ);
- разместить в держателе корпус N2 с гамма-источником;
- инициировать измерение аппаратурного спектра в соответствии с разделом 11 РО (11.2), при этом задать параметры набора: время, с – 600; вес, кг – 0; рост, см и возраст, лет – произвольные значения. Номер канала спектра и соответствующие ему значения числа отсчетов и энергии определить с помощью подвижного маркера, используемого в соответствии с разделом 7 РО (7.6);
- оценить входную статистическую загрузку СИЧ по показаниям интегральной скорости счета, отображаемой в информационной строке. Она должна находиться в пределах от 500 до 2500 имп/с. При необходимости изменить загрузку, переместив корпус N2 в держателе, и инициировать новое измерение;
- провести интегрирование числа отсчетов в области ППП энергии, указанной в таблице 7.2, в соответствии с разделом 7 РО (7.6). В информационной строке отображается значение числа отсчетов в выделенной области (площадь ППП);
- остановить измерение при достижении числа импульсов в ППП не менее 10



ж) в соответствии с разделом 11 РО (11.8.1) провести анализ ППП, соответствующего энергии, указанной в таблице 7.2. Записать в рабочий журнал помер канала, соответствующий центроне пика;

и) используя результаты, полученные при проверке по 7.3.1 (б-ж) для всех источников, определить в соответствии с разделом 12 РО (12.2) ИНЛ.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если:

– диапазон энергии регистрируемого гамма-излучения находится в пределах от 50 до 3000 кэВ;

– значение ИНЛ не превышает $\pm 1\%$.

7.3.2 Определение относительного энергетического разрешения СИЧ для энергии 661,6 кэВ при измерении с радионуклидным источником ^{137}Cs провести с использованием контрольного источника в следующей последовательности:

а) провести подготовку СИЧ к работе в соответствии с разделом 5 РЭ (5.3);

б) установить держатель с контрольным источником на кресло СИЧ в соответствии с приложением Г (РЭ);

в) инициировать процесс проверки в соответствии с разделом 11 РО (11.1.2);

г) по окончании проверки записать в рабочий журнал измеренное значение относительного энергетического разрешения, определяемого для энергии 661,6 кэВ радионуклида ^{137}Cs .

Результаты поверки считать удовлетворительными, если измеренное относительное энергетическое разрешение не превышает 12 %.

7.3.3 Определение чувствительности СИЧ при измерении активности радионуклида ^{137}Cs в фантоме тела человека провести с использованием унифицированного фантома УФ-02Т с набором стержневых радионуклидных источников ^{137}Cs в следующей последовательности:

а) провести подготовку СИЧ к работе в соответствии с разделом 5 РЭ (5.3);

б) собрать фантом без радионуклидных источников (фоновый фантом), соответствующий типу фантома Ф1 в геометрии «сидя» в соответствии с инструкцией по его применению. Характеристики фантома приведены в приложении В РЭ;

в) разместить фоновый фантом на кресле СИЧ;

г) провести набор спектра в соответствии с разделом 11 РО (11.4), при этом задать параметры: время, с – 3600; тип фантома – F1.

По окончании измерения записать фоновый спектр на диск в соответствии с разделом 11 РО (11.4.1).

Примечания

1 Допускается использовать фоновый спектр, измеренный ранее, в случае неизменности геометрии и условий измерения.

2 Допускается использовать фоновый спектр, полученный с использованием функции «Генерирование рабочих фонов» в соответствии с разделом 5 РЭ (5.4.4);

д) собрать в соответствии с инструкцией по применению фантома стандартный образец активности инкорпорированного радионуклида ^{137}Cs (активный фантом), соответствующий индексу фонового фантома, в геометрии «сидя»;

е) разместить активный фантом на кресле СИЧ;

ж) провести набор спектра в соответствии с разделом 11 РО (11.4), при этом задать параметры: время, с – 1800; вес, кг; рост, см и возраст, лет – в соответствии с индексом фантома;



и) по истечении времени набора записать измеренный спектр на диск в соответствии с разделом 10 РО (10.2). Вычесть из спектра стандартного образца фоновый спектр в соответствии с разделом 11 РО (11.10) и выполнить интегрирование результирующего спектра в интервале от 500 до 900 кэВ (точность установки маркеров ± 3 кэВ) в соответствии с разделом 7 РО (7.6). Зафиксировать значение скорости счета N , имп/с.

Определить значение чувствительности Q (имп/(с·Бк)) по формуле

$$Q = N / A_0, \quad (1)$$

где A_0 - значение активности стандартного образца из свидетельства о поверке, Бк, пересчитанное на дату измерения с использованием функции «Пересчет активности» в соответствии с разделом 12 РО (12.1.1);

к) провести операции по 7.3.3 (ж-и) три раза и более. Вычислить среднее арифметическое значение;

л) аналогично определить значения чувствительности СИЧ для фантомов типов Ф2, Ф4;

Результаты поверки считать удовлетворительными, если полученные значения чувствительности соответствуют таблице 7.3

Таблица 7.3

| Индекс фантома | Чувствительность для ^{137}Cs , 10^{-2} имп/(с·Бк), не менее |
|----------------|---|
| Ф1 | 0,733 |
| Ф2 | 0,525 |
| Ф4 | 0,253 |

7.3.4 Определение эффективности регистрации СИЧ в ППП при использовании эталонного гамма-источника ^{137}Cs и держателя контрольного источника провести в следующей последовательности:

а) провести подготовку СИЧ к работе в соответствии с разделом 5 РЭ (5.3);

б) установить на кресло СИЧ держатель контрольного источника в соответствии с приложением Г (РЭ);

в) провести набор фонового спектра в соответствии с разделом 11 РО (11.3.1), при этом задать время, с – 3600.

По окончании измерения записать фоновый спектр на диск в соответствии с разделом 11 РО (11.3.2).

Примечание - Допускается использовать фоновый спектр, измеренный ранее, в случае неизменности геометрии и условий измерения;

г) разместить эталонный гамма-источник ^{137}Cs в корпусе N1 и установить корпус в держатель в соответствии с рисунком Г.1 РЭ (приложение Г). При этом обеспечивается расстояние от точечного источника до торцевой поверхности детектора, равное 10 см (точечная геометрия измерения);

д) провести набор спектра источника в соответствии разделом 11 РО (11.2.1), при этом задать параметры: время, с – 600; вес, кг – 0; рост, см и возраст, лет – произвольные значения.

Примечание - Нулевое значение массы соответствует точечной геометрии измерения;

е) провести анализ ППП гамма-линии с энергией, указанной в таблице 7.4 в соответствии с разделом 11 РО (11.8.1).



Оценить число импульсов, зарегистрированных в ППП.

Таблица 7.4

| | |
|-------------------------------------|---|
| Радионуклид | ^{137}Cs |
| Энергия, кэВ | 661,6 |
| Активность эталонного источника, Бк | Из свидетельства на источник, пересчитанная на дату измерения |
| Период полураспада, сут | 10964 |
| Выход гамма-квантов, % | 85,1 |
| Поправка на каскадные совпадения | 1,00 |

Измерение остановить при достижении количества импульсов в ППП не менее 10^4 ;

ж) записать измеренный спектр на диск в соответствии с разделом 10 РО (10.2);

и) вычесть из спектра источника фондовый спектр в соответствии с разделом 11 РО (11.10);

к) определить интегральное число импульсов в ППП в соответствии с разделом 11 РО (11.8.1);

л) определить эффективность регистрации в ППП, ε , имп/фотон, используя данные таблицы 7.4, по формуле

$$\varepsilon_j = \frac{N_j}{A \cdot I_j \cdot t} 100, \quad (2);$$

где N_j – число отсчетов за вычетом пьедестала в ППП, соответствующем энергии E_j , имп;

A – активность эталонного источника на момент проведения измерений, Бк. Определяется по формуле $A = A_0 \cdot K_p$,

где A_0 – значение активности из свидетельства об аттестации источника;

K_p – поправка на распад радионуклида, вычисляемая по формуле $K_p = e^{-0,693 \frac{\tau}{T}}$,

где τ – время, прошедшее с момента аттестации образцового источника до момента измерения; T – период полураспада радионуклида. T и τ должны быть выражены в одних и тех же единицах;

I_j – абсолютная интенсивность гамма-фотонов данной энергии радионуклида примененного источника, %;

t – время набора спектра («живое» время анализатора), с.

м) провести операции по 7.3.4 (г-л) три раза и более. Вычислить среднее арифметическое значение $\bar{\varepsilon}$.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если полученное значение эффективности регистрации СИЧ не менее $1,750 \cdot 10^{-2}$ имп/фотон.



7.3.5 Определение эффективности регистрации СИЧ в ППП для энергии 661,6 кэВ при измерении стандартных образцов активности инкорпорированного радионуклида ^{137}Cs провести с использованием унифицированного фантома УФ-02Г с набором стержневых источников с радионуклидом ^{137}Cs в следующей последовательности:

- а) провести подготовку СИЧ к работе в соответствии с разделом 5 РЭ (5.3);
- б) разместить на кресле СИЧ фоновый фантом, соответствующий типу фантома Ф1, в геометрии «сидя»;
- в) провести набор спектра в соответствии с разделом 11 РО (11.4.1), при этом задать параметры: время, с – 3600; тип фантома – F1. По окончании измерения записать фоновый спектр на диск в соответствии с разделом 11 РО (11.4.2).

Примечания

- 1 Допускается использовать фоновый спектр, измеренный ранее, в случае неизменности геометрии и условий измерения.
- 2 Допускается использовать фоновый спектр, полученный с использованием функции «Генерирование рабочих фонов» в соответствии с разделом 5 РЭ (5.4.4);
- г) разместить на кресле СИЧ активный фантом с радионуклидом ^{137}Cs , соответствующий типу фонового фантома, в геометрии «сидя»;
- д) провести набор спектра в соответствии с разделом 11 РО (11.2.1), при этом задать параметры: время, с – 1800; вес, кг; рост, см и возраст, лет – в соответствии с типом фантома;
- е) провести анализ ППП, соответствующего энергии, указанной в таблице 7.5, в соответствии с разделом 11 РО (11.8.1).

Оценить количество импульсов, зарегистрированных в ППП.

Таблица 7.5

| | |
|-------------------------------------|---|
| Радионуклид | ^{137}Cs |
| Энергия, кэВ | 661,6 |
| Активность стандартного образца, Бк | Из свидетельства о поверке, пересчитанная на дату измерения |
| Период полураспада, сут | 10964 |
| Выход гамма-квантов, % | 85,1 |

Измерение остановить при достижении количества импульсов в ППП не менее 10^4 ;

- ж) записать измеренный спектр на диск;
- и) вычесть из спектра стандартного образца фоновый спектр в соответствии с разделом 11 РО (11.10);
- к) определить интегральное число импульсов в ППП в соответствии с разделом 11 РО (11.8.1);
- л) определить эффективность регистрации в ППП, \mathcal{E} имп/фотон, используя данные таблицы 7.5, по формуле (2); для стандартного образца активности;
- м) провести операции по 7.3.5 (г-л) три раза и более. Вычислить среднее арифметическое значение $\bar{\mathcal{E}}$;
- н) выполнить аналогичные измерения и определить эффективность регистрации по 7.3.5 (б-м) для фантомов типов Ф2, Ф4;

Результаты поверки считать удовлетворительными, если полученные значения эффективности регистрации СИЧ в ППП соответствуют таблице 7.6.



Таблица 7.6

| Энергия, кэВ | Эффективность регистрации, 10^{-3} имп/фотон, не менее | | |
|-----------------|--|-----------|-----------|
| | индекс фантома | | |
| | Ф1 | Ф2 | Ф4 |
| 661,6 | 8,54±0,74 | 6,02±0,43 | 2,76±0,18 |

7.3.6 Определение основной относительной погрешности измерения активности радионуклида ^{137}Cs в фантоме тела человека провести с использованием унифицированного фантома типа УФ-02Т с набором стержневых источников ^{137}Cs . Определение основной относительной погрешности измерения активности радионуклида ^{137}Cs в фантоме тела человека с использованием алгоритма обработки с использованием радиометрического метода провести в следующей последовательности:

- а) провести подготовку СИЧ к работе в соответствии с разделом 5 РЭ (5.3);
- б) разместить на кресле СИЧ фоновый фантом, соответствующий типу фантома Ф1 из набора типов Ф1 - Ф6, в геометрии «сидя»;
- в) провести набор спектра в соответствии с разделом 11 РО (11.4.1), при этом задать параметры: время, с – 3600; тип фантома - F1. По окончании измерения записать фоновый спектр в качестве рабочего фона для соответствующего типа фантома в соответствии с разделом 11 РО (11.4.2).

Примечания

- 1 Допускается использовать фоновый спектр, измеренный ранее, в случае неизменности геометрии и условий измерения.
- 2 Допускается использовать фоновый спектр, полученный с использованием функции «Генерирование рабочих фонов» в соответствии с разделом 5 РЭ (5.4.4);
- г) разместить на кресле СИЧ активный фантом с радионуклидом ^{137}Cs , соответствующий типу фонового фантома Ф1, в геометрии «сидя»;
- д) провести набор спектра в соответствии с разделом 11 РО (11.2.1), при этом задать параметры: время, с – 1800; вес, кг; рост, см и возраст, лет – в соответствии с типом фантома;
- е) определить в процессе измерения значение активности А, Бк, радионуклида ^{137}Cs в фантоме в соответствии с разделом 11 РО (11.8.2). При достижении относительной статистической погрешности измерения менее 3 % набор спектра может быть остановлен;
- ж) определить значение доверительной границы погрешности измерения, %, с вероятностью 0,95 по формуле

$$\Delta = 1,1 \cdot \sqrt{\theta_0^2 + \theta_1^2} \tag{3}$$

где θ_0 - погрешность аттестации стандартного образца активности, указанная в свидетельстве, %;

θ_1 - относительная разность показаний, %, рассчитываемая по формуле

$$\theta_1 = \frac{A - A_0}{A_0} \cdot 100$$

где А - измеренное значение активности, Бк;



A_0 - значение активности стандартного образца из свидетельства о поверке, Бк, пересчитанное на дату измерения с использованием функции «Пересчет активности» в соответствии с разделом 11 РО (11.1.1);

и) провести аналогичные измерения и определить значения доверительной границы погрешности для фантомов типов Ф2, Ф4.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если ни одно из полученных по формуле (3) значений Δ не превышает $\pm 15\%$.

7.3.7 Определение основной относительной погрешности измерения активности радионуклида ^{137}Cs в фантоме тела человека с использованием эталонного гамма-источника ^{137}Cs активностью $(1,00 \pm 0,25) \cdot 10^4$ Бк ($\delta \leq 6\%$ ($P=0,95$)) и коэффициентов перехода, установленных для соответствующей геометрии измерения, провести в следующей последовательности:

а) провести подготовку СИЧ к работе в соответствии с разделом 5 РЭ (5.3);

б) провести набор спектра в соответствии с разделом 11 РО (11.3.1), при этом задать время, с – 3600.

По окончании измерения записать фоновый спектр на диск в соответствии с разделом 11 РО (11.3.2);

в) выбрать функцию «Задачи->Генерирование рабочих фонов» и инициировать создание рабочих фоновых спектров в соответствии с разделом 11 РО (11.6).

Примечание - Допускается использовать фоновые спектры, созданные ранее, в случае неизменности геометрии и условий измерения;

г) установить на кресло СИЧ держатель контрольного источника в соответствии с рисунком Г.1 РЭ (приложение Г);

д) в корпус N1 поместить эталонный гамма-источник ^{137}Cs ;

е) установить корпус N1 в держатель в соответствии с рисунком Г.1 РЭ (приложение Г). При этом обеспечивается расстояние от точечного источника до торцевой поверхности детектора, равное 10 см;

ж) провести набор спектра в соответствии с разделом 11 РО (11.2.1), при этом задать параметры: время, с – 300; вес, кг; рост, см и возраст, лет – в соответствии с индексом фантома типа Ф1 из набора типов Ф1 - Ф6;

и) определить значение активности А, Бк, радионуклида ^{137}Cs обработав спектр в соответствии с разделом 11 РО (11.8.2).

При достижении относительной статистической погрешности измерения менее 3% набор спектра может быть остановлен;

к) определить значение доверительной границы погрешности измерения Δ , %, с вероятностью 0,95 по формуле

$$\Delta = 1,1 \cdot \sqrt{\theta_0^2 + \theta_1^2}, \quad (5)$$

где θ_0 - погрешность аттестации эталонного гамма-источника ^{137}Cs , указанная в свидетельстве о поверке, %;

θ_1 - относительная разность показаний, %, рассчитываемая по формуле

$$\theta_1 = \frac{K_f \cdot (A - A_0)}{A_0} \cdot 100, \quad (6)$$



где K_f - коэффициент перехода к активности радионуклида ^{137}Cs в эталонном гамма-источнике, приведенный в таблице 7.7;

A - измеренное значение активности эталонного гамма-источника ^{137}Cs , Бк;

A_0 - значение активности эталонного гамма-источника ^{137}Cs из свидетельства о поверке, Бк, пересчитанное на дату измерения с использованием функции «Пересчет активности» в соответствии с разделом 12 РО (12.1.1);

Таблица 7.7

| Индекс фантома | Ф1 | Ф2 | Ф4 |
|----------------------------|------|------|------|
| Коэффициент перехода K_f | 3,06 | 4,32 | 9,22 |

л) провести аналогичные измерения и определить значения доверительной границы погрешности для фантомов типов Ф2, Ф4.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если ни одно из полученных по формуле (5) значений Δ не превышает $\pm 15\%$.

7.3.8 Определение основной относительной погрешности измерения активности радионуклида ^{137}Cs в фантоме тела человека провести с использованием унифицированного фантома типа УФ-02Т с набором стержневых источников ^{137}Cs . Определение основной относительной погрешности измерения активности радионуклида ^{137}Cs в фантоме тела человека с использованием алгоритма обработки с использованием спектрометрического метода провести в следующей последовательности:

а) провести подготовку СИЧ к работе в соответствии с разделом 5 РЭ (5.3);

б) разместить на кресле СИЧ фоновый фантом, соответствующий типу фантома Ф1 из набора типов Ф1 - Ф6, в геометрии «сидя»;

в) провести набор спектра в соответствии с разделом 11 РО (11.4.1), при этом задать параметры: время, с – 3600; тип фантома - F1.

По окончании измерения записать фоновый спектр в качестве рабочего фона для соответствующего типа фантома в соответствии с разделом 11 РО (11.4.2).

Примечания

1 Допускается использовать фоновый спектр, измеренный ранее, в случае неизменности геометрии и условий измерения.

2 Допускается использовать фоновый спектр, полученный с использованием функции «Генерирование рабочих фонов» в соответствии с разделом 5 РЭ (5.4.4);

г) провести измерение активности стандартного образца по 7.3.6 (е-ж):

д) определить активность радионуклида ^{137}Cs по гамма-линии 661,6 кэВ в соответствии с разделом 11 РО (11.8.1). Измеренное значение активности A , Бк, отображается в информационной строке монитора ПК;

е) определить значение доверительной границы погрешности измерения Δ , %, с вероятностью 0,95 с использованием формул (3) и (4);

ж) выполнить аналогичные измерения и определить значения доверительной границы погрешности для фантомов типов Ф2, Ф4.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если ни одно из полученных по формуле (3) значений Δ не превышает $\pm 15\%$.



7.3.9 Определение основной относительной погрешности измерения активности радионуклида ^{137}Cs в фантоме тела человека с использованием эталонного гамма-источника ^{137}Cs активностью $(1,00 \pm 0,25) \cdot 10^4$ Бк ($\delta \leq 6\%$ ($P=0,95$)) и коэффициентов перехода провести в следующей последовательности:

- а) провести подготовку СИЧ к работе в соответствии с разделом 5 РЭ (5.3);
- б) провести набор спектра в соответствии с разделом 11 РО (11.3.1), при этом задать время, с – 3600. По окончании измерения записать фоновый спектр на диск в соответствии с разделом 11 РО (11.3.2);
- в) выбрать функцию «Задачи→Генерирование рабочих фонов» и инициировать создание рабочих фоновых спектров в соответствии с разделом 11 РО (11.6).

Примечание - Допускается использовать фоновые спектры, созданные ранее, в случае неизменности геометрии и условий измерения.

- г) провести измерение активности стандартного образца по 7.3.6 (е-ж);
- д) провести обработку измеренного спектра с вычитанием фона и определить активность радионуклида ^{137}Cs по гамма-линии 661,6 кэВ в соответствии с разделом 11 РО (11.8.1). Измеренное значение активности А, Бк, отображается в информационной строке монитора ПК;
- е) определить значение доверительной границы погрешности измерения Δ , %, с вероятностью 0,95 с использованием формул (3) и (4);

ж) выполнить аналогичные измерения и определить значения доверительной границы погрешности для фантомов типов Ф2, Ф4.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если ни одно из полученных по формуле (3) значений Δ не превышает $\pm 15\%$.

7.3.10 Определение коэффициентов перехода K_f к активности радионуклида ^{137}Cs провести в следующей последовательности:

- а) провести подготовку СИЧ к работе в соответствии с разделом 5 РЭ (5.3);
- б) провести набор спектра в соответствии с разделом 11 РО (11.3.1), при этом задать время, с – 3600. По окончании измерения записать фоновый спектр на диск в соответствии с разделом 11 РО (11.3.2);
- в) выбрать функцию «Задачи→Генерирование рабочих фонов» и инициировать создание рабочих фоновых спектров в соответствии с разделом 11 РО (11.6).

Примечание - Допускается использовать фоновые спектры, созданные ранее, в случае неизменности геометрии и условий измерения;

г) установить на кресло СИЧ держатель контрольного источника в соответствии с рисунком Г.1 РЭ (приложение Г);

д) в корпус N1 поместить эталонный гамма-источник ^{137}Cs с активностью $(1,00 \pm 0,25) \cdot 10^4$ Бк ($\delta \leq 6\%$ при $P=0,95$);

е) установить корпус N1 в держатель в соответствии с рисунком Г.1 РЭ (приложение Г);

ж) провести набор спектра в соответствии с разделом 11 РО (11.2.1), при этом задать параметры: время, с – 3600; вес, кг; рост, см и возраст, лет – в соответствии с типом фантома Ф1 из набора типов Ф1-Ф6. При достижении относительной статистической погрешности измерения менее 3% набор спектра может быть остановлен;



и) определить значение активности A , Бк, радионуклида ^{137}Cs , обработав спектр в соответствии с разделом 11 РО (11.8.2) (радиометрический метод) и обработав спектр в соответствии с разделом 11 РО (11.8.1) (спектрометрический метод), полученные значения активности A , Бк, радионуклида ^{137}Cs записать в рабочий журнал;

к) провести операции по 7.3.10 (ж-и) три раза и более. Вычислить среднее арифметическое значение активности A , Бк радионуклида ^{137}Cs ;

л) провести измерения спектров и определение значений активности A , Бк, по 7.3.10 (ж-к) для фантомов с типами Ф2, Ф4;

м) рассчитать коэффициенты перехода K_f для фантомов типов Ф1, Ф2, Ф4 по формуле

$$K_f = A_0 / \bar{A}, \quad (7)$$

где A_0 - значение активности эталонного гамма-источника ^{137}Cs из свидетельства о поверке, Бк, пересчитанное на дату измерения;

\bar{A} - среднее значение активности, Бк, измеренное с использованием радиометрического и спектрометрического методов обработки.

Значения коэффициентов перехода K_f , рассчитанные по формуле (7) для фантомов типа Ф1, Ф2, Ф4 с использованием радиометрического и спектрометрического методов, заносят в рабочий журнал.

7.3.11 Определение минимальной измеряемой активности (МИА) радионуклида ^{137}Cs в фантоме тела человека за время измерения один час при статистической погрешности 50 % ($P=0,95$) провести, рассчитывая значение МИА, Бк, для фантомов типов Ф1, Ф2, Ф4 по формуле

$$МИА = \frac{200 \cdot \sqrt{\frac{2n_{\phi}}{t}}}{\delta \cdot \varepsilon \cdot I_{\gamma}}, \quad (8)$$

где n_{ϕ} - скорость счета в энергетическом интервале от 590 до 735 кэВ фонового спектра, измеренного по 7.3.1 (а-в), имп/с. Значение определяют с помощью функции интегрирования в соответствии с разделом 7 РО (7.6);

t - время измерения, равное 3600 с;

δ - относительная статистическая погрешность однократного измерения с доверительной вероятностью 0,95, $\delta = 0,5$;

ε - эффективность регистрации в ППП в данной геометрии измерения, определяемая по 7.3.4, имп/фотон;

I_{γ} - выход гамма-фотонов энергии 661,6 кэВ радионуклида ^{137}Cs , равный 85,1 %.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если полученные значения МИА соответствуют данным, приведенным в таблице 7.8.

Таблица 7.8

| Тип фантома | МИА, Бк, не более |
|-------------|-------------------|
| Ф1 | 89 |
| Ф2 | 101 |
| Ф4 | 203 |



8 Оформление результатов поверки

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

8.2 Положительные результаты поверки оформляют:

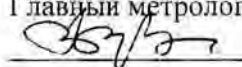
а) при выпуске СИЧ из производства:
– записью о поверке в разделе РЭ «Свидетельство о приемке», заверенной подписью и оттиском поверительного клейма;
– нанесением клейма-наклейки поверителя на верхнюю торцевую поверхность спинки кресла СИЧ;

б) при эксплуатации и выпуске СИЧ 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 СИЧ запрещается и выдается заключение о непригодности по форме в соответствии с приложением Д ТКП 8.003-2011 с указанием причин. При этом клеймо-наклейка поверителя подлежит погашению и свидетельство о поверке аннулируется.

От УП «АТОМТЕХ»

Главный метролог

 В.Д.Гузов

«08» 04 2015

Ведущий инженер

 А.И.Жуковский

«08» 04 2015



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

Протокол поверки спектрометра излучения человека СКГ-АТ1316 № _____

ДАТА ПОВЕРКИ _____

ПРОВЕРКА 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:

работоспособность _____

соответствие ПО _____

| Наименование ПО | Идентификационное наименование ПО | Номер версии (идентификационный номер) ПО | Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода) | Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО |
|-----------------|-----------------------------------|---|---|---|
| SICH1316 | SICH 1316_rus.exe | | | MD5 |



3 Определение метрологических характеристик:

3.1 Проверка диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения и значения интегральной нелинейности (ИНЛ)

Таблица 3.1

| | | | |
|------------------------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| Обозначение радионуклида | ⁵⁷ Co | ¹³⁷ Cs | ⁶⁰ Co |
| Энергия гамма-излучения, кэВ | 122,1 | 661,6 | 1173; 1333 |
| Центроида, канал | | | |
| | | | Измеренное значение |
| ИНЛ, % | | | По РЭ |
| Разрешение по ¹³⁷ Cs, % | | | < ±1 |
| | | | < 12 |

3.2 Определение чувствительности СИЧ при измерении активности радионуклида ¹³⁷Cs в фантоме всего тела человека.

Таблица 3.2

| Тип фантома | Активность A ₀ , Бк | Скорость счета N, имп/с | Чувствительность, 10 ⁻² имп/(с·Бк) | | |
|-------------|--------------------------------|-------------------------|---|----|--------------------------------|
| | | | измеренная | | Q ₀ по РЭ, не менее |
| | | | Q | Q̄ | |
| Ф1 | | | | | |
| Ф2 | | | | | |
| Ф4 | | | | | |

3.3 Определение эффективности регистрации СИЧ в геометрии измерения:

а) точечная с гамма-источником ¹³⁷Cs

Таблица 3.3

| Нуклид | Энергия, кэВ | Активность эталонного источника, Бк | Скорость счета в ППП, имп/с | Эффективность регистрации, 10 ⁻² имп/фотон | | |
|-------------------|--------------|-------------------------------------|-----------------------------|---|----|--------------------------------|
| | | | | измеренная | | ε ₀ по РЭ, не менее |
| | | | | ε | ε̄ | |
| ¹³⁷ Cs | 661,6 | | | | | |



б) фантом с радионуклидом ^{137}Cs

Таблица 3.4

| Тип фантома | Активность стандартного образца A_0 , Бк | Скорость счета N , имп/с | Эффективность регистрации, 10^{-3} имп/фотон | | ε_0 по РЭ, не менее |
|-------------|--|----------------------------|--|---------------------|---------------------------------|
| | | | измеренная | | |
| | | | ε | $\bar{\varepsilon}$ | |
| Ф1 | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Ф2 | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Ф4 | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

3.4 Определение основной относительной погрешности измерения активности радионуклида ^{137}Cs :

а) с использованием радиометрического метода:

Таблица 3.5

| Тип фантома | Активность стандартного образца A_0 , Бк | Активность измеренная A , Бк | Значение доверительной границы погрешности измерения Δ , % |
|-------------|--|--------------------------------|---|
| Ф1 | | | |
| Ф2 | | | |
| Ф4 | | | |

Примечание - $\Delta = 1,1 \cdot \sqrt{\theta_0^2 + \theta_1^2}$, %,

где θ_0 - погрешность аттестации стандартного образца активности, из свидетельства, %;

θ_1 - относительная разность показаний, %, рассчитываемая по формуле

$$\theta_1 = \frac{A - A_0}{A_0} \cdot 100 \text{ или по формуле } \theta_1 = \frac{K_f \cdot (A - A_0)}{A_0} \cdot 100$$



б) с использованием спектрометрического метода:

Таблица 3.6

| Тип фантома | Активность стандартного образца A_0 , Бк | Активность измеренная A , Бк | Значение доверительной границы погрешности измерения Δ , % |
|-------------|--|--------------------------------|---|
| Ф1 | | | |
| Ф2 | | | |
| Ф4 | | | |

Примечание - $\Delta = 1,1 \cdot \sqrt{\theta_0^2 + \theta_1^2}$, %,
 где θ_0 - погрешность аттестации стандартного образца активности, из свидетельства, %;
 θ_1 - относительная разность показаний, %, рассчитываемая по формуле

$$\theta_1 = \frac{A - A_0}{A_0} \cdot 100 \text{ или по формуле } \theta_1 = \frac{K_f \cdot (A - A_0)}{A_0} \cdot 100$$

3.5 Определение коэффициентов перехода K_f к активности радионуклида ^{137}Cs в эталонном гамма-источнике

Таблица 3.6

| Индекс фантома | Коэффициент перехода K_f | |
|----------------|----------------------------|--------------------------|
| | Радиометрический метод | Спектрометрический метод |
| Ф1 | | |
| Ф2 | | |
| Ф4 | | |

Выводы _____

Свидетельство № _____ от _____
 (извещение о непригодности)

Поверку провел _____ (_____)



Лист регистрации изменений

| Изм. | Номера листов (страниц) | | | | Всего листов (страниц) в докум. | № документа | Входящий № сопроводительного документа и дата | Подп. | Дата |
|------|-------------------------|------------|-------|----------------|---------------------------------|--------------|---|-------|------------|
| | измененных | замененных | новых | аннулированных | | | | | |
| 2 | - | 2-22 | -- | 23-26 | | ТИАЯ.77-2014 | | KB | 16.04.2015 |

