

УТВЕРЖДАЮ

**Руководитель ЦИ СИ,
Заместитель генерального
директора ФГУП «ВНИИФТРИ»**



В. Балаханов

«26» 05 2010 г.

**Источники радионуклидные фотонного излучения
метрологического назначения закрытые**

ИМН-Г

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
МГФК.412128.001 МП**

м.р 44591-10

СОГЛАСОВАНО

**Руководитель НИО-4
ФГУП «ВНИИФТРИ»**

A handwritten signature in black ink is written over a horizontal line.

В.П. Ярына

«18» 05 2010 г.

Настоящая методика поверки устанавливает методы и средства поверки источников радионуклидных ф-отонного излучения метрологического назначения закрытых ИМН-Г (далее – источников) при первичной и периодической поверке.

Первичной поверке подлежат источники при выпуске из производства и при продлении назначенного срока эксплуатации.

Периодической поверке подлежат источники, находящиеся в эксплуатации и на хранении.

Межповерочный интервал – два года.

1. Требования к квалификации поверителей.

К проведению измерений и обработке результатов измерений допускаются поверители, имеющие профессиональные знания в области радиометрии и спектрометрии.

2. Требования к технике безопасности.

При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности следующих документов:

- СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).
- Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99.

К работе могут быть допущены только сотрудники, имеющие допуск к работе с источниками ионизирующих излучений.

3. Условия поверки.

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия.

- температура окружающей среды от 15 до 35 °С;
- атмосферное давление от 96 до 104 кПа (от 720 до 780 мм рт.ст.);
- относительная влажность воздуха не более 80 %;
- отсутствие дополнительных источников ионизирующего излучения.

4. Подготовка к поверке.

Должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- проверка комплектности средств поверки и действующих свидетельств на них в соответствии с методикой поверки;
- проверка наличия свидетельства о первичной поверке при проведении периодической поверки источников.

5. Проведение поверки.

5.1. При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции:

Наименование операции	Обязательность проведения операции при	
	первичной поверке	периодической поверке
1. Внешний осмотр	+	+
2. Диапазон энергий фотонного излучения, кэВ *)	-	-
3. Измерение активности радионуклида в источнике	+	+
4. Измерение удельной (объемной) активности радионуклида в источнике	+	+
5. Измерение внешнего гамма-излучения в угле 4л ср	+	+
6. Проверка пределов допускаемой относительной погрешности воспроизведения активности (удельной, объемной активности) в источнике	+	+
7. Проверка пределов допускаемой относительной погрешности воспроизведения внешнего гамма-излучения в угле 4л ср в источнике (ИМН-Г-3В)	+	+
8. Измерение неравномерности распределения активности по поверхности ИМН-Г-2.	+	-
9. Измерение неравномерности распределения активности по объему ИМН-Г-3-Т.	+	-
10. Измерение неравномерности распределения активности по объему ИМН-Г-3-Н.	+	-
11. Измерение уровня нефиксированного радиоактивного загрязнения	+	+

*) радионуклиды, на основе которых изготавливаются ИМН-Г: Bi-207; Fe-55; Ba-133; Mn-54; Cs-137; Cd-109; Ti-44+Sc-44; Co-60; Na-22; Nb-94; Am-241; Co-57; Eu-152; Zn-65; Gd-153; Cf-249; Ce-139; Ce-144; Ru-Rh-106; Cs-134; Am-243; Th-228; Y-88; Np-237; Sn-113; W-188; Ra-226, Th-232, K-40 и др.

5.2 Средства поверки.

При проведении поверки должны применяться эталонные и вспомогательные средства измерений, указанные в таблице.

Эталонные и вспомогательные средства измерений	Номер пункта методики	Технические и метрологические характеристики
Спектрометры на основе полупроводникового или сцинтилляционного детектора: Гамма –1П, Гамма-1С, СЕГ-1КП-ИФТП, СЕР-1КП-ИФТП, Прогресс-ППД, СКС-50М, СКС-07П		<ul style="list-style-type: none"> ° энергетический диапазон: (5- 3000) кэВ; ° диапазон активности: (3 – 10⁶) Бк; ° пределы погрешности эффективности регистрации фотонного излучения в диапазоне ± (3-15) % (P=0,95) (в зависимости от типа поверяемых источников).
Радиометры на основе полупроводникового или сцинтилляционного детектора: Гамма –1П, Гамма-1С, СЕГ-1КП-ИФТП, СЕР-1КП-ИФТП, Прогресс-ППД, СКС-50М, СКС-07П Эталонные источники ОСГИ-3		<ul style="list-style-type: none"> ° энергетический диапазон: (50- 3000) кэВ; ° диапазон активности: (3 – 10⁶) Бк; ° пределы погрешности воспроизведения активности в диапазоне ± 3 % (P=0,95)

Примечание:

Допускается применение других средств поверки, не приведенных в перечне, но обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых источников с требуемой точностью.

5.3. Внешний осмотр.

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие источников следующим требованиям:

- отсутствие загрязнений и механических повреждений;
- наличие маркировки с указанием типа источника, радионуклида, номера.

5.4. Измерение активности (удельной, объемной активности) проверяемых источников. Проверка пределов допускаемой относительной погрешности воспроизведения активности (удельной, объемной активности) в источнике.

Измерение активности источников проводится в следующей последовательности:

- подготовка средств измерений к работе в соответствии с руководством по эксплуатации средств измерений;
- измерение спектрограммы фона или определение фоновой скорости счета при радиометрическом методе контроля;
- измерение спектрограммы от источника или определение скорости счета при радиометрическом методе контроля, количество измерений - не менее трех;
- расчет скорости счета в ППП (откликов) с учетом фоновой спектрограммы с идентификацией энергии фотонов для каждого (или для избранных) пиков. Площадь ППП должна быть не менее 10000 имп., это требование выполняется подбором времени измерения, изменением геометрии измерения;
- расчет активности по измеренным откликам и аттестованным значениям эффективности или дискретной чувствительности СИ;
- определение и введение поправок;
- расчет погрешности измерения активности.

При измерении активности источников спектрометрическим методом обработку спектрограмм (измерение скорости счета импульсов в ППП) следует выполнять обязательно тем же способом (методика, программа на ЭВМ), что и при поверке СИ по эффективности регистрации или дискретной чувствительности с соблюдением геометрии измерений.

Набор спектрограммы в регламентированной геометрии и оптимальном режиме осуществляют так, чтобы площадь фотопика в одном измерении составляла 5-10 тыс. импульсов. Снимая и снова устанавливая проверяемый источник, делают не менее 5 наборов спектрограмм.

Активность радионуклида A_i , измеренную по линии E_i , рассчитывают с использованием значения $\varepsilon(E_i)_{\text{атт}}$, используемого СИ, по формуле:

$$A_i = \frac{S_i}{\varepsilon(E)_{\text{атт}} \cdot \eta_i} \cdot K_c \cdot K_{\text{см}} \cdot K_r ,$$

где: η_i - абсолютная интенсивность фотонов с энергией E_i по схеме распада измеряемого радионуклида;

K_c - поправка, учитывающая отличие плотности и состава материала объемного источника от условий проведения поверки СИ (поправка на самопоглощение);

$K_{\text{см}}$ - поправка на суммирование гамма-квантов при наличии каскада или аннигиляционного излучения в схеме распада радионуклида;

K_r - поправка на отличие геометрии источника от регламентированных условий.

При использовании дискретной чувствительности ϵ^{att}_i по i -ой линии гамма-излучения, активность рассчитывают по формуле:

$$A_j = \frac{S_i}{\epsilon^{att}_i} K_c \cdot K_r .$$

При определении активности по нескольким линиям гамма-излучения определяют средневзвешенное из значений активности, полученных по каждой линии:

$$A = \frac{\sum_i P_i A_i}{\sum_i P_i} ,$$

где P_i - вес активности, измеренной по i -ой линии.

В качестве веса можно использовать величины, обратные полной погрешности δ_i , соответствующей A_i

$$P_i = \frac{1}{\delta_i} ,$$

или назначить веса из суммарных соображений о погрешностях A_i и сравнительном качестве каждого измерения.

При измерении активности источников относительным методом с помощью гамма-компаратора и набора эталонных источников активность радионуклида в поверяемом источнике рассчитывают по формуле:

$$A = \frac{n_i - n_\phi}{n_s - n_a} \times A_s$$

где: n_i ; n_ϕ ; n_s - скорость счета источника, фоновая и эталонного источника, s^{-1} .

A_s – активность эталонного источника на дату измерения, Бк.

Основные поправки.

Поправки к результатам измерения активности источников учитывают различные факторы отличия условий измерения от регламентированных условий аттестации СИ.

Основными факторами являются:

- отличие счетной геометрии (измененные размеры образца, расстояние источник-детектор, влияние толщин стенок измерительной кюветы и др.);

- отличие плотности и элементного состава счетного образца от значений, для которых аттестована эффективность или чувствительность регистрации гамма-излучения спектрометра или радиометра;

- особенности схемы распада измеряемого нуклида (наличие позитронного излучения, каскадные гамма-кванты), приводящие к эффекту суммирования энергии фотонов при их регистрации.

Поправка на геометрию – K_r .

Необходимо вводить при использовании новой партии измерительных кювет с геометрическими размерами, имеющими отличие от применяемых при аттестации СИ.

Поправка на самопоглощение - K_c .

Как правило, измерительная установка аттестована по эффективности или чувствительности регистрации гамма-излучения объемных источников для условия, когда счетный образец состоит из воды, плотностью $1,0 \text{ г/см}^3$. Поверяемые источники имеют разнообразный элементный состав и плотность. Поправка на самопоглощение - K_c представляет собой отношение отклика измерительной установки от активности в воде к отклику такой же активности в поверяемом источнике.

Поправка на самопоглощение учитывается программным обеспечением средств проверки.

Поправка на суммирование - $K_{см}$.

Эта поправка вводится только при измерении активности с использованием эффективности. Отличие коэффициента $K_{см}$ от единицы обычно не превышает 5-6 %, поэтому допускается грубая оценка его значения путем измерения скорости счета импульсов в пике суммарной энергии и добавления этой скорости счета, умноженной в 2 раза, к измеренным скоростям счета суммирующихся линий. Полученная таким образом поправка $K_{см}$ используется в последующих измерениях данного радионуклида в такой же геометрии.

Поправка на суммирование учитывается программным обеспечением средств проверки.

Полную относительную погрешность измерения активности для доверительной вероятности 0,95 следует рассчитывать по формуле:

$$\delta_{изм} = \sqrt{\sigma_i^2 + Q_{\epsilon_i}^2}$$

Полная относительная погрешность измерения активности источников A_γ по одной линии E_i , включает:

- случайную относительную погрешность измерения отклика ($P=0,95$), рассчитываемую при обработке спектрограммы - σ_i ;
- систематическую относительную погрешность значений эффективности или дискретной чувствительности Q_{ϵ_i} (из технической документации на средства проверки);

Источник считается выдержавшим проверку, если выполняется условие:

$$\frac{A_{изм} - A_n}{A_n} \leq \sqrt{\delta_n^2 - \delta_{изм}^2} \quad (3)$$

где: $A_{изм}$ - измеренное значение активности поверяемого источника;

A_n - значение активности эталонного источника из паспорта, приведенное на дату измерения по формуле $A \cdot e^{-0,693 \cdot \frac{t}{T_{1/2}}}$, где A - значение активности эталонного источника, $T_{1/2}$ - период полураспада из международных баз оцененных ядерных данных:

международная база оцененных радионуклидных данных NUCLEIDE (http://www.nucleide.org/DDEP_WG/DDEPdata.htm),

международная база данных о структуре атомного ядра ENSDF (<http://ie.lbl.gov/ensdf/>);

t – время, прошедшее со времени аттестации.

δ_n – значение относительной погрешности активности поверяемого источника (из первичного свидетельства о поверке или предыдущего свидетельства о поверке);

$\delta_{изм}$ – оцененное значение относительной погрешности активности поверяемого источника.

5.5. Измерение внешнего гамма-излучения в угле 4π ср. Проверка допустимой относительной погрешности воспроизведения внешнего гамма-излучения в угле 4π ср в источнике (ИМН-Г-3В).

Измерение внешнего гамма-излучения в угле 4π ср источников проводится в последовательности, описанной в п. 5.4.

Источник считается выдержавшим проверку, если выполняется условие:

$$\frac{N_{изм} - N_n}{N_n} \leq \sqrt{\delta_n^2 - \delta_{изм}^2} \quad (4)$$

где: $N_{изм}$ - измеренное значение внешнего гамма-излучения в угле 4π ср поверяемого источника;

N_n - значение внешнего гамма-излучения в угле 4π ср эталонного источника, приведенное на дату измерения по формуле $N \cdot e^{-0,693 \cdot \frac{t}{T_{1/2}}}$, где N - значение внешнего гамма-излучения в угле 4π ср эталонного источника из паспорта, $T_{1/2}$ – период полураспада; t – время, прошедшее со времени аттестации.

δ_n – значение относительной погрешности внешнего гамма-излучения в угле 4π ср поверяемого источника (из первичного свидетельства о поверке или предыдущего свидетельства о поверке);

$\delta_{изм}$ – оцененное значение относительной погрешности внешнего гамма-излучения в угле 4π ср поверяемого источника.

5.6 Измерение неравномерности распределения активности по поверхности источника (ИМН-Г-2).

При измерении используются коллиматоры, расположенные между рабочей поверхностью источника и рабочей поверхностью спектрометра (радиометра). Диаметр отверстия коллиматора не должен превышать 5 мм. Толщина и материал коллиматора должны обеспечивать снижение скорости счета на 90-100 %. Активность источника должна обеспечивать скорость счета с использованием коллиматора не менее 100 с⁻¹. Установка коллиматора должна позволять проведение измерений по всей активной поверхности источника.

Измерение неравномерности распределения активности по поверхности источников проводится в следующей последовательности:

- подготовка средств измерений к работе в соответствии с руководством по эксплуатации средств измерений;
- определение масштабной сетки для проведения измерений. Количество контрольных точек должно обеспечивать 10 % перекрытие по площади окна каждого измерения;
- измерение скорости счета в контрольных точках, количество измерений каждой контрольной точки - не менее трех;
- обработка результатов контроля.

Результат измерения неравномерности распределения активности по поверхности источника считают положительным, если выполняется условие:

$$\frac{n_i - n_{cp}}{n_{cp}} \leq 5 \%$$

где: n_i – значение скорости счета для одного из i -го положение коллиматора;

$$n_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{k}$$

где: k – количество контролируемых точек.

5.7 Измерение неравномерности распределения активности по объему источников типа ИМН-Г-3-Н.

При измерении неравномерности распределения активности по объему гранулированного источника типа ИМН-Г-3-Н необходимо с соблюдением правил безопасности разделить источник на 10 равноценных частей. Удельная активность каждой части источника должна обеспечивать скорость счета не менее 10 с^{-1} . Для каждой части провести контроль массы. Измерения проводить в одной штатной кювете для соблюдения идентичности измерений. Возвратить источник в исходное состояние, перемешать, повторить разделение. Перемешивание провести не менее трех раз.

Измерение неравномерности проводится в следующей последовательности:

- подготовка средств измерений к работе в соответствии с руководством по эксплуатации средств измерений;
- измерение скорости счета каждой части источника, количество измерений – не менее трех;
- обработка результатов контроля.

Вычислить среднее значение результата измерения:

$$n_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^i n_i^j}{i}$$

где: n_i – значение скорости счета для i -го положения j -ой части источника;

Результат измерения неравномерности распределения активности по объему источника считают положительным, если выполняется условие:

$$\frac{n_i^j - n_{cp}}{n_{cp}} \leq 2 \%$$

5.8 Измерение уровня радиоактивного загрязнения и герметичности источников проводят согласно ГОСТ Р 51873.

Метод мазка основан на снятии с поверхности источника влажным тампоном возможного загрязнения радионуклидами. Тампон может быть смочен водой, разбавленным раствором азотной кислоты или другим раствором, не действующим на герметизирующий материал источника, но активно снимающим радиоактивное загрязнение.

Активность тампона измеряют спектрометрическим или радиометрическим методом по п.п. 5.4. Если измеренная активность тампона не превышает 200 Бк, то поверхность закрытого источника не считают радиоактивно загрязненной.

9. Оформление результатов поверки.

9.1 Положительные результаты поверки оформляют протоколом поверки и выдачей свидетельства о поверке в соответствии с ПР 50.2.006-94.

9.2 При отрицательных результатах поверки источники к эксплуатации не допускаются. При этом оформляется извещение о непригодности в соответствии с ПР 50.2.006-94.