ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

ИСТОЧНИКИ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОНУКЛИДНЫЕ ЗАКРЫТЫЕ

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ

ГОСТ 26308—84

Издание официальное

Цена 10 коп.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 539.16.03.083 : 006.354 Группа Ф19

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

ИСТОЧНИКИ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОНУКЛИДНЫЕ ЗАКРЫТЫЕ

Методы измерения параметров

Sealed radionuclidic X-radiation sources. Methods of parameters measurement

ГОСТ 26308—84

ОКП 70 1700

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 25 октября 1984 г. № 3652 срок действия установлен

с 01.01.86
до 01.01.91

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на закрытые радионуклидные источники рентгеновского излучения (далее — источники) и устанавливает методы измерения их основных радиационных параметров (далее — ОРП):

потока фотонов рентгеновского (характеристического) излучения заданной энергии (или в заданном диапазоне энергий) в телесный угол 10^{-4} ср относительно нормали к рабочей поверхности источника (далее — поток фотонов) в диапазоне значений 0,1—10^6 $с^{-1}$ при энергии фотонов от 0,2 до 24 фДж (от 1,25 до 150 кэВ);

активности радионуклида в источнике (далее — активность) в диапазоне значений 10^2 — 10^{15} Бк при энергии испускаемых фотонов от 0,2 до 24 фДж.

Стандарт не распространяется на методы аттестации эталонных, образцовых и рабочих источников.

Приведенные в стандарте методы измерения следует использовать при определении потока фотонов, испускаемых источниками гамма-излучения в указанном диапазоне энергий фотонов.

Термины, используемые в настоящем стандарте, соответствуют ГОСТ 15484—81, ГОСТ 16263—70 и ГОСТ 25504—82.

Издание официальное *Перепечатка воспрещена*

★

© Издательство стандартов, 1985

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Для определения ОРП источников используют как абсолютные, так и относительные измерения. Перечень методов приведен в таблице.

Метод измерений	Значение параметра		Интервал энергий фотонов, в котором применим данный метод, фДж	Номер раздела настоящего стандарта
	Поток фотонов в телесный угол 10^{-4} ср, $с^{-1}$	Активность радионуклида в источнике, Бк		
Метод ограниченного телесного угла	От 10 до 10^6	—	0,2—16	2
Метод абсолютного счета ионизирующих частиц	От $5 \cdot 10^{-5}$ до $5 \cdot 10^{-1}$	—	0,2—24	3
Метод замещения	От 0,1 до 10^6	От 10^2 до 10^{15}	0,2—24	4, 5
Калориметрический метод	—	От 10^7 до 10^{15}	0,8—24	6

1.2. Источники должны быть герметичными и пройти перед измерениями ОРП предусмотренную ГОСТ 23648—79 проверку на соответствие уровня радиоактивного загрязнения капсулы или защитного покрытия требованиям нормативно-технической документации (НТД).

1.3. Средства измерений

1.3.1. Используемые средства измерений ионизирующих излучений, в том числе и специально разработанные установки для измерения ОРП (далее — измерительные установки), должны соответствовать по своим показателям качества ГОСТ 4.59—79.

1.3.2. Используемые рабочие средства измерений, в том числе рабочие источники и измерительные установки, должны быть поверены, а используемые образцовые средства измерений, в том числе образцовые источники и образцовые дозиметры, должны быть аттестованы в установленном порядке.

1.3.3. Рабочие источники должны быть идентичными контролируемым источникам по составу используемых радионуклидов, конструкции капсул, геометрическим размерам активной части, радиохимическому составу и структуре активного вещества. Их допустимое отличие по номинальному значению ОРП от контролируемых источников оценивается при составлении методик выполнения измерений (далее — МВИ).

1.3.4. Рабочие источники, не соответствующие требованиям п. 1.3.3, допускается использовать только в том случае, если при составлении МВИ (или в свидетельстве на используемую установку) определены необходимые поправки к измерениям ОРП контролируемых источников и оценены вносимые ими дополнительные составляющие погрешности измерения. При составлении МВИ проводят также оценку необходимых поправок и дополнительных составляющих погрешности измерения, вносимых используемыми вспомогательными средствами измерений.

1.3.5. Используемые в каждом методе средства измерений ионизирующих излучений и измерительные установки по своим показателям точности должны соответствовать допустимой погрешности измерения ОРП, заданной в НТД на источники данного типа. Способ оценивания такого соответствия при составлении МВИ и определении необходимого числа наблюдений при измерениях ОРП с заданной погрешностью приведен в обязательном приложении 1.

1.4. Подготовка к измерению

1.4.1. Проведению измерений ОРП источников определенного типа должно предшествовать составление МВИ заданного ОРП по выбранному методу с помощью соответствующей установки, удовлетворяющей требованиям п. 1.3.

1.4.2. При составлении МВИ устанавливают режим измерений, обеспечивающий выполнение следующих требований:

при использовании в установке показывающего прибора его диапазон измерений выбирают таким, чтобы отсчеты, соответствующие измеряемым значениям ОРП источников, находились в пределах 0,3—0,9 максимального значения шкалы;

при использовании радиометрической или спектрометрической установок их загрузка при измерениях ОРП не должна превышать предельно допустимого значения, определяемого при составлении МВИ по допустимому пределу систематической составляющей $\Theta_н$, связанной с нелинейностью показаний по п. 2 приложения 1;

при использовании спектрометрической установки способ определения площади пика полного поглощения (ППП) при ее градуировке по эффективности регистрации фотонов и при измерениях ОРП источников выбирают одинаковым;

уровень фона не должен превышать 10% значения измеряемой величины.

1.4.3. При вводе установки в эксплуатацию или после длительного перерыва в измерениях ОРП источников а также после ремонта или замены входящих в состав установки блоков, проверяют исправность ее работы:

измеряют уровень фона в условиях п. 1.4.2 и проверяют соответствие фоновых условий измерений требованиям МВИ;

измеряют ОРП контрольного или рабочего (образцового) источника в условиях п. 1.4.2 по п. 4 приложения 1 и проверяют соответствие среднего квадратического отклонения (далее—СКО) результата наблюдения требованиям МВИ;

проверяют нестабильность работы установки в условиях п. 1.4.2 на соответствие требованиям МВИ.

1.4.4. Исправность установки по п. 1.4.3 при непрерывных измерениях ОРП источников данного типа проверяют регулярно, но не реже раза в три месяца.

1.5. Проведение измерения

1.5.1. ОРП источников измеряют в условиях, соответствующих рабочим условиям для используемой аппаратуры.

1.5.2. Аппаратуру включают в соответствии с правилами ее эксплуатации, проверив правильность работы отдельных блоков установки и обеспечив необходимое время установления рабочего режима.

1.5.3. Измеряют уровень фона в условиях п. 1.4.2. При составлении МВИ допускается предусматривать измерения уровня фона (или его компенсацию у показывающего прибора) как до и после измерения ОРП каждого контролируемого источника, так и перед началом и после окончания серии измерений ОРП ряда источников одного типа.

1.5.4. При использовании в составе установки показывающего прибора, для которого время установления показаний нормировано НТД, отсчет результата наблюдения производят после истечения этого времени.

При использовании радиометрических или спектрометрических установок число импульсов, зарегистрированных в одном наблюдении при измерении ОРП, должно быть не менее 10^4.

1.5.5. При составлении МВИ допускается предусматривать как измерения с многократными наблюдениями ($m>5$), так и измерения с ограниченным ($m=4$ или 5) или минимальным ($m=3$) числом наблюдений.

1.5.6. При обнаружении резко отклоняющегося результата его отбрасывают и проводят измерения с большим числом наблюдений. Если подобные результаты повторяются, заново оценивают СКО результата наблюдения и решают вопрос об исправности установки или об ее соответствии требуемым показателям точности при измерениях (см. приложение 1).

1.6. Обработка результатов

1.6.1. По результатам проведенных наблюдений согласно ГОСТ 11.004—74, разд. 1, вычисляют среднее значение измеряемой величины за вычетом фона (далее — среднее значение), которое используют для получения значения ОРП источника по расчетной формуле, соответствующей принятому методу измерений.

1.6.2. При многократных наблюдениях ($m>5$) вычисляют доверительные границы статистической погрешности результата измерений ε и, используя оцененные по пп. 1 или 2 приложения 1 доверительные границы неисключенной систематической составляющей Θ, определяют по ГОСТ 8.207—76 доверительные границы погрешности результата измерения Δ ($P=0{,}95$).

1.6.3. При ограниченном числе наблюдений ($m=4$ или 5) проводят оценку СКО результата наблюдения для измерения ОРП каждого источника и сравнивают его с предельным значением, оцененным при составлении МВИ по результатам измерений по п. 4 приложения 1 (с учетом выбранного числа наблюдений m). Если оценка СКО удовлетворяет условию в МВИ, то измерение считают свободным от грубых ошибок и вычисляют доверительные границы погрешности результата измерения Δ ($P=0{,}95$) по ГОСТ 8.207—76.

1.6.4. При минимальном числе наблюдений $m=3$ для измерения ОРП каждого источника проверяют результаты наблюдений на отсутствие грубых ошибок (ГОСТ 11.002—73, разд. 3) с учетом оцененной при составлении МВИ по п. 6 приложения 1 верхней доверительной границы СКО $\sigma_в$. Результаты наблюдений не содержат грубых ошибок, если выполняются условия

$$y_{max}-\bar{y}\leqslant H\cdot\sigma_в \text{ или } \bar{y}-y_{min}\leqslant H\cdot\sigma_в, \qquad (1)$$

где y_{max} — максимальный из полученных результатов наблюдений;

y_{min} — минимальный из полученных результатов наблюдений;

$\bar{y}$ — среднее значение измеренной величины;

$\sigma_в$ — верхняя доверительная граница СКО результата наблюдения по п. 6 приложения 1;

H — предельное значение отношения разности в левой части неравенства к $\sigma_в$; при $m=3$ $H=1{,}738$.

При выполнении условий (1) результату измерения соответствует погрешность, доверительные границы которой оценивают при составлении МВИ (по ГОСТ 8.207—76) с использованием доверительных границ неисключенной систематической составляющей (по пп. 1 или 2 приложения 1) и доверительных границ случайной составляющей погрешности, вычисленных по ГОСТ 11.004—74, разд. 3:

$$\varepsilon=\frac{u^{\gamma}}{\sqrt{m}}\sigma_в, \qquad (2)$$

где ε — доверительная граница случайной составляющей погрешности результата измерения ($P=0{,}95$);

u^{γ} — квантиль нормального распределения, соответствующая доверительной вероятности $\gamma=0{,}975$, $u^{0{,}975}=1{,}96$;

m — число наблюдений при измерении ОРП.

При обнаружении резко отличающегося результата, для которого условия (1) не выполняются, поступают согласно п. 1.5.6.

Указанный способ обработки допускается использовать и при $m=4$. В этом случае $H=1{,}941$.

1.6.5. Все результаты измерений ОРП источников, а также измерений по п. 1.4.3 следует заносить в журнал измерений и заверять подписью оператора. При обработке результатов измерений на ЭВМ полученные результаты должны быть распечатаны и также заверены подписью оператора.

2. ИЗМЕРЕНИЕ ПОТОКА ФОТОНОВ МЕТОДОМ ОГРАНИЧЕННОГО ТЕЛЕСНОГО УГЛА

2.1. Значение ОРП источников — потока фотонов в телесный угол 10^{-4} ср — вычисляют по результатам измерения скорости счета фотонов в пределах малого телесного угла, ограниченного диафрагмой

$$\Phi=\frac{\overline{n}}{\Omega_D\cdot\omega_E\cdot K_{\Sigma}}\cdot 10^{-4}, \qquad (3)$$

где Φ — поток фотонов в телесный угол 10^{-4} ср, $с^{-1}$;

$\overline{n}$ — средняя скорость счета импульсов (за вычетом фона) при регистрации фотонов, прошедших диафрагму, $с^{-1}$;

Ω_D — телесный угол, составляемый апертурой диафрагмы относительно центра источника, ср;

ω_E — эффективность регистрации фотонов заданной энергии E детектором;

K_{Σ} — суммарный коэффициент, учитывающий поглощение фотонов в среде на пути от источника к детектору.

Для фотонов малой энергии от 0,2 до 4,0 фДж (от 1,25 до 25 кэВ) измерения проводят в вакууме, что исключает влияние на погрешность результатов поглощения и рассеяния фотонов в воздухе.

В зависимости от способа определения эффективности регистрации детектором рентгеновского излучения в методе используют абсолютные и относительные измерения.

При значениях энергии излучения фотонов от 4 до 16 фДж (от 25 до 100 кэВ) следует применять детекторы, для которых эффективность регистрации фотонов в зависимости от энергии можно рассчитать достаточно точно, например, сцинтилляционные детекторы, в частности NaJ(Tl).

При значениях энергии излучения фотонов от 0,2 до 4,0 фДж (от 1,25 до 25 кэВ) допускается использовать любые блоки регистрации рентгеновского излучения, эффективность которых устанавливают с помощью рабочих (образцовых) источников с известным значением потока фотонов, или специальных (образцовых) источников, активность радионуклида в которых известна, а самопоглощением излучения в слое активного вещества и поглощением в рабочем окне можно пренебречь или оценить их достаточно точно.

2.2. Требования к контролируемым источникам — по п. 1.2 настоящего стандарта.

2.3. Средства измерений

2.3.1. Радиометрическая или спектрометрическая установка, удовлетворяющая требованиям пп. 1.3.1 и 1.3.2 настоящего стандарта, в состав которой входят:

блок регистрации рентгеновского излучения с источниками питания, блоками усиления, дискриминации и регистрации импульсов;

многоканальный анализатор импульсов (для спектрометрической установки);

набор диафрагм, коллимирующих пучок фотонов;

измерительная линейка, фиксирующая расстояние между контролируемым источником и диафрагмой;

вакуумная камера, в которой располагают контролируемый источник, диафрагму и измерительную линейку. Если детектор рентгеновского излучения невозможно эксплуатировать в вакууме, то вакуумная камера должна иметь окно для пучка фотонов из материала с малым атомным номером (Z).

2.3.2. В состав установки по п. 2.3.1 входят следующие вспомогательные устройства: держатели сменных диафрагм и источника, вакуумметр.

2.3.3. Перечисленные средства измерений должны удовлетворять следующим требованиям:

блок регистрации рентгеновского излучения должен иметь окно из материала с малым Z, а нелинейность показаний в пределах допустимой по п. 1.4.2 загрузки не должна быть более 3%;

энергетическое разрешение детектора и характеристики блоков питания, усиления и анализа импульсов должны обеспечивать надежное разделение импульсов при регистрации фотонов от шумов установки, а ее нестабильность во времени по усилению не должна быть более 3% за рабочую смену;

измерительная линейка должна обеспечивать такую точность воспроизводимости измерений, чтобы погрешность определения используемого телесного угла не превышала 5%.

2.4. Подготовка к измерению

2.4.1. При составлении МВИ потока фотонов и оценивании по пп. 1 или 2 приложения 1 доверительных границ неисключенной систематической составляющей погрешности измерений Θ определяют следующие поправки и компоненты указанной составляющей погрешности измерений:

вычисляют коэффициент поглощения K_Σ

$$K_\Sigma = e^{-(\mu_о d_о + \mu_в d_в + \mu_{вх} d_{вх} + \mu_м d_м)}, \qquad (3а)$$

где $\mu_о$, $\mu_в$, $\mu_{вх}$, $\mu_м$ — полные линейные коэффициенты ослабления фотонного излучения в материале окна вакуумной камеры, в воздухе, в материале входного окна детектора и в его «мертвом» слое, соответственно, $см^{-1}$;

$d_о$, $d_в$, $d_{вх}$, $d_м$ — толщины окна вакуумной камеры, слоя воздуха, входного окна детектора и его «мертвого» слоя, соответственно, см;

оценивают доверительные границы ($P=0{,}95$) погрешности Θ_K расчета коэффициента поглощения K_Σ для фотонов заданной энергии;

оценивают доверительные границы погрешности Θ_ω определения эффективности регистрации фотонов заданной энергии ω_E;

оценивают доверительные границы погрешности Θ_Ω расчета используемого телесного угла Ω; $\Theta_\Omega \leqslant 5\%$.

2.4.2. В соответствии с п. 1.4.2 выбирают режим работы установки.

2.4.3. При использовании в составе установки спектрометра проверяют его градуировку по энергии и энергетическому разрешению в выбранном режиме.

2.4.4. По п. 1.4.3 проводят проверку фоновых условий измерений, а также СКО наблюдения и нестабильности установки, на соответствие требованиям МВИ.

2.5. Проведение измерения

2.5.1. Устанавливают рабочие условия измерений и включают аппаратуру согласно требованиям пп. 1.5.1 и 1.5.2 соответственно.

2.5.2. В соответствие с требованиями МВИ выполняют следующие операции:

выбирают и устанавливают диафрагму;

измеряют фон установки;

устанавливают контролируемый источник на измерительной линейке в положение, при котором загрузка спектрометрического тракта установки не превышает предельно допустимую;

оценивают необходимое время одного наблюдения;

проводят требуемое число наблюдений при измерении ОРП источника.

2.6. Обработка результатов

2.6.1. За результат измерения скорости счета фотонов, испускаемых контролируемым источником, принимают среднее значение результатов наблюдений за вычетом фона

$$\bar{n} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} n_i, \qquad (4)$$

где $\bar{n}$ — среднее значение скорости счета для контролируемого источника за вычетом фона, $с^{-1}$;

i — число наблюдений;

n_i — скорость счета при i-м наблюдении, $с^{-1}$.

2.6.2. Вычисляют использованный телесный угол для выбранной по п. 2.5.2 геометрии измерения потока фотонов

$$\Omega_D = 2\pi \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{r^2}{h^2}}} \right), \qquad (5)$$

где Ω_D — использованный при измерениях телесный угол, ср;

r — радиус отверстия диафрагмы, мм;

h — расстояние от центра рабочей поверхности источника до торца диафрагмы со стороны детектора, мм.

2.6.3. По формуле (3) рассчитывают значение ОРП контролируемого источника Ф-потока фотонов заданной энергии в телесный угол 10^{-4} ср.

2.6.4. В соответствии с числом наблюдений m, установленным в МВИ, оценивают доверительные границы суммарной погрешности результата измерения по пп. 1.6.2, 1.6.3 или 1.6.4.

2.7. Доверительные границы относительной погрешности результата измерений потока фотонов методом ограниченного телесного угла не должны быть более 25%.

2.8. Пример методики выполнения измерений потоков фотонов источников, основанный на методе ограниченного телесного угла, приведен в рекомендуемом приложении 2.

3. ИЗМЕРЕНИЕ ПОТОКА ФОТОНОВ МЕТОДОМ АБСОЛЮТНОГО СЧЕТА ИОНИЗИРУЮЩИХ ЧАСТИЦ

3.1. Значение ОРП источников — потока фотонов заданной энергии в телесный угол 10^{-4} ср — вычисляют по результатам измерения скорости счета фотонов в пределах определенного телесного угла

$$\Phi = \frac{\bar{n} \cdot K_\varphi}{\Omega \cdot \omega_E} \cdot 10^{-4}, \qquad (6)$$

где Ф — поток фотонов в телесный угол 10^{-4} ср, $с^{-1}$;

Ω — телесный угол, составляемый детектором относительно источника, ср;

K_φ — коэффициент, учитывающий отклонение от изотропности излучения через рабочую поверхность источника и его влияние на расчет значения ОРП, который определяется при составлении МВИ для источников каждого типа.

Телесный угол Ω стремятся сделать 2π стерадиан или, если капсула источника прозрачна для фотонов, 4π стерадиан.

Метод применяют для источников с малой активностью радионуклида и с малой энергией фотонов, когда стремятся свести к минимуму их поглощение в воздухе.

3.2. Требования к контролируемым источникам — по п. 1.2 настоящего стандарта.

3.3. Средства измерений

3.3.1. В состав измерительной установки — спектрометра, удовлетворяющей требованиям п. 1.3.2, входят:

сцинтилляционный детектор рентгеновского излучения по ГОСТ 14641—80 для 2π-геометрии, а для 4π-геометрии — два таких детектора или детектор с колодцем для размещения источника;

источники питания;

блоки усиления, формирования и дискриминации импульсов;

многоканальный анализатор по ГОСТ 16957—80.

3.3.2. Перечисленные средства измерений должны удовлетворять следующим требованиям:

эффективность регистрации фотонов заданной энергии сцинтилляционного детектора должна быть в пределах 90—100%;

при использовании двух детекторов в состав установки вводят схему суммирования импульсов, что повышает эффективность регистрации фотонов, рассеявшихся в обратном направлении от одного из детекторов;

энергетическое разрешение детектора и характеристики блоков питания, усиления и анализа импульсов должны обеспечивать надежное разделение импульсов при регистрации фотонов от шумов установки, а ее нестабильность во времени по усилению должна быть не более 3% за рабочую смену.

3.4. Подготовка к измерению

3.4.1. При составлении МВИ потока фотонов для источников данного типа и оценивании по п. 2 приложения 1 доверительных границ неисключенной систематической составляющей погрешности измерений Θ вычисляют следующие поправки и компоненты указанной составляющей погрешности:

доверительные границы погрешности Θ_ω расчета ω_E (с учетом поглощения во входном окне детектора и возможного влияния мертвого слоя);

доверительные границы погрешности Θ_Ω расчета телесного угла Ω:

определяют отклонение от изотропности излучения (расчетно или экспериментально), вызванное конструкцией капсулы источников данного типа, вычисляют коэффициент K_Φ и оценивают доверительные границы связанной с этим фактором погрешности пересчета Θ_K по формуле (6) результата измерения скорости счета к значению потока фотонов в телесный угол 10^{-4} ср относительно нормали к рабочей поверхности.

3.4.2. В соответствии с п. 1.4.2 выбирают режим работы установки.

3.4.3. По п. 1.4.3 проводят проверку соответствия фоновых условий измерений, а также СКО наблюдения и нестабильности установки, на соответствие требованиям МВИ.

3.5. Проведение измерения

3.5.1. Устанавливают рабочие условия измерений и включают аппаратуру согласно требованиям пп. 1.5.1 и 1.5.2 соответственно.

3.5.2. В соответствии с требованиями МВИ выполняют следующие операции:

проводят измерение фона установки;

устанавливают источник в положение для измерений;

оценивают необходимое время одного наблюдения;

проводят требуемое число наблюдений при измерении ОРП источника.

3.6. Обработка результатов

3.6.1. По п. 2.6.1 вычисляют среднюю скорость счета при измерении ОРП контролируемого источника.

3.6.2. По формуле (6) рассчитывают ОРП контролируемого источника Ф — поток фотонов в телесный угол 10^{-4} ср.

3.6.3. В соответствии с числом наблюдений m, установленном в МВИ, оценивают доверительные границы суммарной погрешности результата измерения по пп. 1.6.2, 1.6.3 или 1.6.4.

3.7. Доверительные границы относительной погрешности результата измерений потока фотонов методом абсолютного счета ионизирующих частиц не должны быть более 15%.

4. ИЗМЕРЕНИЕ ПОТОКА ФОТОНОВ В ТЕЛЕСНЫЙ УГОЛ 10^{-4} ср МЕТОДОМ ЗАМЕЩЕНИЯ

4.1. Значение ОРП источника — потока фотонов в телесный угол 10^{-4} ср, определяют, сравнивая результат от воздействия (эффект) его излучения, измеренный с помощью средства измерений ионизирующих излучений, используемого в качестве компара-

тора, с подобным эффектом от рабочего источника, значение ОРП которого известно

$$\Phi_к = K_t \Phi_р \cdot \xi = K_t \Phi_р \cdot \frac{J_к}{J_р}, \qquad (7)$$

где $\Phi_к$ — значение ОРП контролируемого источника;

$\Phi_р$ — значение ОРП рабочего источника;

ξ — отношение средних значений показаний компаратора при измерениях эффектов от контролируемого ($J_к$) и рабочего ($J_р$) источников за вычетом фона;

$K_t = \exp\left(-\frac{0{,}693t}{T_{1/2}}\right)$ — коэффициент, учитывающий распад радионуклида (с периодом полураспада $T_{1/2}$) в рабочем источнике за время (t), прошедшее после аттестации последнего.

При составлении МВИ допускается предусматривать проведение измерений эффекта от рабочего источника на компараторе перед измерением эффекта от каждого контролируемого источника или только в начале и в конце измерений ОРП серии источников. В этом случае вводят градуировочный коэффициент установки $K_г$

$$K_г = \frac{J_р}{L_t \Phi_р} \qquad (8)$$

и результаты измерений вычисляют по формуле

$$\Phi_к = \frac{J_к}{K_г}. \qquad (9)$$

4.2. Требования к контролируемым источникам — по п. 1.2 настоящего стандарта.

4.3. Средства измерений

4.3.1. Средство измерений ионизирующих излучений — по п. 1.3.1.

4.3.2. Набор рабочих источников — по пп. 1.3.3, 1.3.4, разнообразие номинальных значений ОРП которых обеспечивает измерения во всем диапазоне значений ОРП контролируемых источников.

4.3.3. Набор вспомогательных устройств:

коллиматоры и (или) диафрагмы, обеспечивающие оптимальные геометрические условия при измерениях;

поглощающие фильтры;

устройство для размещения и фиксации держателей источников, коллиматоров, диафрагм и (или) фильтров.

4.3.4. Средства измерения ионизирующих излучений допускается использовать в радиометрическом, спектрометрическом или токовом режимах. Выбранный режим при измерении эффектов от рабочего и контролируемого источников поддерживают строго постоянным.

4.3.5. Вспомогательные устройства должны обеспечивать:

постоянство геометрических условий при измерениях эффектов от рабочих и контролируемых источников;

одинаковые фоновые условия и условия для рассеяния фотонов;

воспроизводимость геометрических условий при измерениях с достаточной точностью, определяемой заданной допустимой погрешностью измерений.

4.4. Подготовка к измерению

4.4.1. При составлении МВИ потока фотонов и оценивании по пп. 1 или 2 приложения 1 доверительных границ неисключенной составляющей систематической погрешности измерения Θ определяют следующие поправки и компоненты указанной погрешности:

выбирают в соответствии с п. 1.4.2 режим работы используемого средства измерений, который обеспечивает оптимальное отношение измеряемого эффекта к фону, и оценивают доверительные границы составляющей систематической погрешности $\Theta_ф$, связанной с фоном;

определяют нелинейность показаний компаратора от загрузки, устанавливают ее предельное значение и оценивают доверительные границы составляющей систематической погрешности $\Theta_н$, связанной с нелинейностью показаний;

оценивают, исходя из предельно допустимой загрузки, допустимые различия в номинальных значениях потоков фотонов контролируемых и рабочих источников, определяют необходимый набор последних по номинальным значениям ОРП и учитывают доверительные границы суммарной погрешности значений их ОРП Δ_P;

при отсутствии рабочих источников, соответствующих предельным значениям ОРП контролируемых источников, предусматривают использование поглощающих фильтров (или диафрагм) и оценивают доверительные границы составляющей систематической погрешности $\Theta_п$, связанной с определением коэффициента поглощения фильтром излучения источника (или уменьшения диафрагмой потока фотонов, попадающих на детектор компаратора);

определяют нестабильность показаний компаратора во времени (в течение рабочей смены) в диапазоне рабочих условий измерений по п. 1.5.1 и оценивают доверительные границы составляющей систематической погрешности $\Theta_г$ определения градуировочного коэффициента $K_г$ при вычислениях ОРП по формуле (9);

оценивают доверительные границы составляющей систематической погрешности Θ_2, связанной с воспроизводимостью геометрических условий измерений ОРП источников.

4.4.2. По п. 1.4.3 проводят проверку соответствия фоновых условий измерений, а также СКО наблюдения и нестабильности установки на соответствие требованиям МВИ.

4.5. Проведение измерения

4.5.1. Устанавливают рабочие условия измерений и включают установку согласно пп. 1.5.1 и 1.5.2 соответственно.

4.5.2. В соответствии с требованиями МВИ выполняют следующие операции:

измеряют фон установки, размещая в держателе макет источника;

размещают в держателе рабочий источник и выбирают время одного наблюдения;

измеряют ОРП рабочего источника, проводя установленное число наблюдений m;

заменяют рабочий источник контролируемым и проводят то же число наблюдений m при измерении ОРП контролируемого источника.

4.6. Обработка результатов

4.6.1. При последовательном чередовании измерений фона и эффектов от рабочего и контролируемого источников результаты измерений ОРП источников рассчитывают по формуле (7). При этом систематическую составляющую погрешности $\Theta_г$, связанную с погрешностью определения градуировочного коэффициента $K_г$ (по п. 4.4.1), заменяют доверительной границей неисключенной систематической погрешности воспроизводимости геометрических условий измерений Θ_2.

4.6.2. При проведении между измерениями фона и эффекта от рабочего источника серии измерений ОРП ряда контролируемых источников для вычисления их ОРП используют формулу (9).

Результаты измерений серии ОРП считают правильными, если выполняется условие

$$\left| 1 - \frac{J_p^{(1)}}{J_p^{(2)}} \right| \leqslant A, \qquad (10)$$

где $J_p^{(1)}$, $J_p^{(2)}$ — средние значения показаний компаратора за вычетом фона при измерении эффектов от рабочего источника перед началом и после конца серии измерений ОРП, соответственно;

A — коэффициент сравнения, рассчитываемый при составлении МВИ по результатам измерений по п. 1.4.3,

$$A = K_m \sqrt{S^2_{(1)} + S^2_{(2)}}, \qquad (11)$$

где $S_{(1)}$, $S_{(2)}$ — случайные составляющие погрешности измерений $J^{(1)}_{\text{р}}$ и $J^{(2)}_{(\text{р})}$ соответственно;

K_m — коэффициент, определяемый при составлении МВИ с помощью статистических таблиц, зависящий от числа наблюдений m при измерении $J^{(1)}_{\text{р}}$ и $J^{(2)}_{\text{р}}$ и от способа оценивания случайной составляющей погрешности измерения ОРП по пп. 1.6.2, 1.6.3 или 1.6.4.

При выполнении условия (10) для обработки результатов измерений серии ОРП по формуле (9) используют средний градуировочный коэффициент

$$\overline{K}_{\text{г}} = \frac{J^{(1)}_{\text{р}} + J^{(2)}_{\text{р}}}{2\,K_t \cdot \Phi_{\text{р}}}, \qquad (12)$$

где $\overline{K}_{\text{г}}$ — средний градуировочный коэффициент серии измерений контролируемых источников.

Когда случайной составляющей погрешности измерений ОРП можно пренебречь (п. 8 приложения 1), в МВИ допускается использование для обработки результатов серии измерений ОРП любого из значений градуировочного коэффициента, полученного по формуле (8) перед началом или после окончания серии измерений. При этом возможный разброс значений этого коэффициента в пределах серии измерений должен быть учтен в составляющей систематической погрешности $\Theta_{\text{г}}$ по п. 4.4.1.

В случае невыполнения условия (10) серию измерений повторяют или переходят к проверке исправности установки по п. 1.4.3.

4.6.3. В соответствии с числом наблюдений m, установленным в МВИ, оценивают доверительные границы суммарной погрешности результата измерения по пп. 1.6.2, 1.6.3 или 1.6.4.

4.7. Доверительные границы относительной погрешности результата измерения в методе замещения зависят от погрешности аттестации рабочего источника и не должны быть более 30%.

5. ИЗМЕРЕНИЕ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДА (РАДИОНУКЛИДОВ) В ИСТОЧНИКЕ МЕТОДОМ ЗАМЕЩЕНИЯ

5.1. Использование метода замещения для измерения активности радионуклида в контролируемом источнике полностью соответствует его применению для измерений потока фотонов по разд. 4. В этом случае символы $\Phi_{\text{к}}$ и $\Phi_{\text{р}}$ в формулах (7), (8), (9) и (12) заменяют символами $A_{\text{к}}$ и $A_{\text{р}}$, обозначая ими активность радионуклида в контролируемом и рабочем источниках соответственно.

В качестве компаратора можно также применять калориметрическую установку, соответствующую требованиям разд. 6 настоящего стандарта.

6. КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДА (РАДИОНУКЛИДОВ) В ИСТОЧНИКЕ

6.1. Измерение активности радионуклида в источнике калориметрическим методом основано на измерении тепловой энергии, выделяющейся в калориметре в результате поглощения излучений, испускаемых при распаде радионуклида

$$A = \frac{Q}{t \cdot \tilde{E}} \equiv \frac{W}{\tilde{E}}, \qquad (13)$$

где A — активность радионуклида, Бк;

Q — количество теплоты, Дж;

t — время измерения, с;

W — тепловой поток, выделяемый в поглотителе, регистрируемый при измерениях, Вт;

$\tilde{E}$ — средняя энергия, поглощаемая в калориметре, в расчете на акт распада радионуклида, Дж.

Средняя поглощаемая энергия зависит как от схемы распада радионуклида, используемого в источнике, так и от конструктивных особенностей калориметра. В общем виде она выражается как

$$\tilde{E} = 0{,}01 \sum_i (E_i I_i + \sum_k I^a_{ik} \cdot P^a_{ik} \cdot E^a_{ik}), \qquad (14)$$

где E_i — энергия альфа-частиц (или средняя энергия бета-спектра), соответствующая i-й ветви распада радионуклида, Дж;

I_i — интенсивность i-й ветви на акт распада радионуклида, %;

I^a_{ik} — интенсивность каждого вида излучения — гамма-излучения ($a \equiv \gamma$), характеристического рентгеновского ($a \equiv X$) и конверсионных электронов ($a \equiv e$), — сопровождающее k-е разветвление разрядки уровня дочернего ядра, заселяемого i-й ветвью, на акт распада радионуклида, %;

P^a_{ik} — коэффициент поглощения в калориметре каждого вида излучения k-го разветвления разрядки уровня, заселяемого i-й ветвью распада;

E^a_{ik} — энергия каждого вида излучения k-го разветвления разрядки уровня, заселяемого i-й ветвью распада, Дж.

В зависимости от схемы распада радионуклида — α^-, $\beta^{\pm}$-рас-

пад, ε-захват, фотонное излучение — допускается для определения его активности в источнике рентгеновского излучения использовать поглотители, обеспечивающие поглощение только отдельного вида ионизирующего излучения, вносящего основную долю в среднюю энергию на акт распада, а именно: альфа-калориметры (например, для источников на основе америция-241), бета-калориметры и гамма-калориметры (для источников на основе кобальта-60). В первых двух случаях поглощение гамма-излучения в калориметре мало, и его учитывают в виде поправок к средней поглощенной энергии $\tilde{E}$.

При использовании в источнике смеси радионуклидов известного состава для определения их активности вычисляют $\tilde{E}$ для каждого радионуклида и рассчитывают среднюю поглощенную энергию заданной композиции, учитывая периоды полураспада входящих в нее радионуклидов.

Допускается использовать все разновидности калориметрического метода, характеризуемые:

временным режимом определения теплового потока в поглотителе (динамический режим или статический — в условиях теплового равновесия);

условиями измерений теплового потока (изотермические или адиабатические);

числом используемых поглотителей (одиночный калориметр или дифференциальный, двойной).

6.2. Метод измерения активности с помощью гамма-калориметра

6.2.1. Требования к контролируемым источникам — по п. 1.2 настоящего стандарта.

6.2.2. *Средства измерений*

Измерения активности радионуклида проводят на калориметрической установке, состоящей из нижеперечисленных устройств и средств измерений:

одиночный (или дифференциальный) калориметр включает в себя поглотитель (или два и более поглотителей) гамма-излучения, представляющий собой цилиндр или сферу из материала с высокой теплопроводностью и большим массовым коэффициентом поглощения гамма-излучения (например, свинец или вольфрам);

исходные преобразователи теплового эффекта в электрические сигналы;

электроизмерительный прибор, регистрирующий значение электрического эффекта, пропорционального тепловому потоку, обусловленному активностью радионуклида в источнике;

электрический нагреватель, размещаемый внутри поглотителя для градуировки калориметрической установки;

схема питания электрического нагревателя, обеспечивающая измерение и регулировку его тепловой мощности;

вспомогательные приборы и элементы измерительных и градуировочных схем.

6.2.3. Перечисленные в п. 6.2.2. устройства и средства измерения должны удовлетворять следующим требованиям:

поглотители должны обеспечивать практически полное ($P^{\gamma} \approx 99\%$) поглощение гамма-излучения от источника либо должен быть известен коэффициент поглощения P^{γ} в стенках поглотителя, удовлетворяющий требованию $P^{\gamma} \geqslant 0{,}7$;

поглотители дифференциального калориметра должны быть идентичными по материалам, размерам, форме и массе; расхождение их градуировочных характеристик не должно быть более 3%;

в качестве исходных преобразователей тепла допускается использовать термисторы и термопары по ГОСТ 18577—80, ГОСТ 6616—74 и ГОСТ 6651—78;

в соответствии с используемыми преобразователями тепла электроизмерительный прибор должен регистрировать термо-ЭДС, силу тока или падение напряжения на образцовом сопротивлении;

класс точности всех вспомогательных приборов и измерительных схем, в том числе и схемы регулировки теплового потока нагревателя, должны обеспечивать погрешности градуировки калориметра и измерений, соответствующие заданной допустимой погрешности измерения ОРП источников;

поглотители и вся установка в целом должны быть термостатированы, чтобы влияние изменений температуры внешней среды на результаты измерений составляло не более 1%.

6.2.4. *Подготовка к измерению*

6.2.4.1. При составлении МВИ активности данного радионуклида (радионуклидов) в источниках данного типа и оценивании по пп. 1 или 2 приложения 1 доверительных границ неисключенной составляющей систематической погрешности измерения Θ определяют следующие поправки и компоненты указанной погрешности:

градуируют поглотитель по теплу, используя нагреватель и определяя с помощью многократных наблюдений электрический эффект (G), соответствующий задаваемому тепловому потоку (W), и вычисляют доверительные границы погрешности градуировки Θ_W;

для дифференциального калориметра сравнивают градуировочные характеристики двух поглотителей, определяют соответствующую поправку при измерениях, учитывающую различие этих характеристик, и вычисляют доверительные границы вносимой погрешности Θ_D; при проведении градуировки одного из цилиндров во втором должен находиться имитатор нагревателя;

измеряют зависимость процессов нагревания и охлаждения поглотителя (поглотителей) от времени, по которым определяют временной интервал линейного нарастания его температуры с момента размещения источника или включения нагревателя (для динамического режима) и время установления теплового равновесия (для статического режима измерений) $t_р$;

из градуировочной кривой определяют возможную нелинейность показаний калориметра в пределах рабочего диапазона измеряемого теплового потока и оценивают связанную с ней погрешность $\Theta_н$;

определяют нелинейность показаний калориметра в зависимости от температуры внешней среды в пределах рабочих условий измерений и оценивают связанную с ней погрешность Θ_T;

определяют нестабильность градуировочной кривой калориметра во времени и оценивают связанную с ней погрешность Θ_t;

проводят расчет коэффициента поглощения гамма-излучения в стенках поглотителя (или определяют его экспериментально) и оценивают вносимую погрешность Θ_P для фотонов разных энергий;

рассчитывают на основании данных схемы распада радионуклида (радионуклидов), используемого в источнике, по формуле (14) среднюю энергию, регистрируемую в поглотителе на акт распада (тепловыделение на акт распада) для используемого калориметра;

вычисляют $\Theta_{\tilde{E}}$ — доверительные границы погрешности определения средней поглощенной энергии $\tilde{E}$, учитывая погрешности значений всех входящих в формулу (14) величин. Определяют, с учетом $\tilde{E}$, диапазон измеряемых значений активности радионуклида, использованного в источниках.

6.2.4.2. По п. 1.4.3 проводят проверку соответствия фоновых условий измерений, а также СКО наблюдения и нестабильности установки на соответствие требованиям МВИ.

6.2.5. *Проведение измерения*

6.2.5.1. Устанавливают рабочие условия измерений и включают аппаратуру, входящую в состав установки, согласно пп. 1.5.1 и 1.5.2 соответственно.

6.2.5.2. В соответствии с требованиями МВИ выполняют следующие операции:

проверяют воспроизводимость градуировки установки, включая нагреватель;

проверяют фоновые условия измерений;

размещают в поглотителе контролируемый источник;

проводят установленное число наблюдений m при измерении теплового потока от контролируемого источника (в статическом режиме — только после установления теплового равновесия).

6.2.6. *Обработка результатов*

6.2.6.1. Для каждого контролируемого источника по результатам наблюдений определяют среднее значение теплового потока.

6.2.6.2. Используя полученное среднее значение потока тепловой энергии контролируемого источника, по формуле (13) вычисляют результат измерений — активность радионуклида в источнике.

6.2.6.3. В соответствии с числом наблюдений m, установленным в МВИ, оценивают доверительные границы суммарной погрешности результата измерения по пп. 1.6.2, 1.6.3 или 1.6.4.

6.2.7. Доверительные границы относительной погрешности результата определения активности радионуклида в источнике калориметрическим методом не должны быть более 15%.

7. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

7.1. При проведении измерений должны соблюдаться требования «Основных санитарных правил работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений» ОСП-72/80 и «Норм радиационной безопасности» НРБ-76, утвержденных Главным Государственным санитарным врачом СССР; «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденных Начальником Госэнергонадзора.

7.2. При необходимости следует соблюдать требования безопасности, установленные дополнительно в стандартах или другой нормативно-технической документации на источники конкретных типов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Обязательное

ОЦЕНИВАНИЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МВИ СООТВЕТСТВИЯ ВЫБРАННОЙ УСТАНОВКИ И ИСПОЛЬЗУЕМОГО МЕТОДА ЗАДАННОМУ ПОКАЗАТЕЛЮ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ОРП ИСТОЧНИКА

1. При разработке МВИ ОРП источников данного типа вычисляют по ГОСТ 8.207—76 границы неисключенной систематической составляющей Θ погрешности измерений при доверительной вероятности $P=0{,}95$, учитывая:

систематическую составляющую основной погрешности используемого блока детектирования и пределы допускаемых дополнительных погрешностей (по ГОСТ 24281—80) от воздействия влияющих факторов в рабочих условиях измерений, а также погрешности, вносимые вспомогательными устройствами;

составляющие систематической погрешности, вносимые переходными коэффициентами и поправочными множителями, входящими в формулу для расчета ОРП по рассматриваемому методу.

2. При использовании радиометрических или спектрометрических установок вместо систематической составляющей основной погрешности по ГОСТ 24281—80 при вычислениях по п. 1 учитывают погрешности, вносимые нелинейностью показаний в зависимости от загрузки $\Theta_н$, нестабильностью усиления за время непрерывной работы $\Theta_у$, и погрешность определения эффективности регистрации фотонов детектором Θ_ω. Для спектрометров дополнительно учитывают погрешность выбранного способа определения площади пика полного поглощения (ППП) фотонов Θ_S.

3. При определении по пп. 1 или 2 доверительных границ неисключенной систематической составляющей погрешности измерений сумма неучтенных компонентов не должна превышать 10% суммы составляющих, включенных в рассмотрение при вычислении Θ.

4. Для оценки сходимости результатов при измерениях на выбранной установке проводят многократные ($n\geqslant 20$) наблюдения ОРП рабочего (образцового) источника и определяют по ГОСТ 11.004—74 оценку среднего квадратического отклонения (далее — СКО) результата наблюдения в абсолютной (S) и относительной (S_0) формах.

5. При проведении измерений по п. 4 соблюдают условия измерений, соответствующие требованиям пп. 1.4.1 и 1.4.2 настоящего стандарта.

Совокупность полученных при наблюдениях данных проверяют по ГОСТ 11.002—73 на отсутствие анормальных результатов наблюдений.

6. На основании результатов п. 4 определяют верхнюю доверительную границу СКО результата наблюдения $\sigma_в$ по ГОСТ 11.004—74, разд. 4,

$$\sigma_в = Z_k^{\gamma_2} \cdot S, \qquad (1)$$

где $\sigma_в$ — верхняя доверительная граница СКО результата наблюдения;

$Z_k^{\gamma_2}$ — коэффициент, соответствующий односторонней доверительной вероятности $\gamma_2=0{,}975$ и числу степеней свободы $k=n-1$ в измерении по п. 4 ($n\geqslant 20$); для $n=20$ $Z_{19}^{0{,}975}=1{,}46$;

S — оценка СКО результата наблюдения по п. 4.

Верхнюю доверительную границу СКО результата наблюдения используют для определения верхнего предела дисперсии $\sigma_в^2$, который, согласно ГОСТ 11.004—74, разд. 2, приравнивают при малом объеме выборки генеральной дис-

персии и определяют доверительные границы случайной составляющей погрешности измерений по ГОСТ 11.004—74, разд. 3.

7. При заданной допустимой относительной погрешности измерения ОРП δ_0 относительная погрешность результата измерения должна удовлетворять условию

$$\Delta_0 \leqslant \delta_0, \qquad (2)$$

где Δ_0 — относительная погрешность результата измерения ОРП;

δ_0 — допустимая относительная погрешность измерения ОРП.

Условие (2) выполняется, когда неисключенная относительная систематическая составляющая погрешности измерений меньше δ_0 и при измерениях проводят достаточное число наблюдений m, чтобы снизить случайную составляющую до необходимых пределов. При измерениях ОРП источников следует проводить минимальное число наблюдений, обеспечивающее достижение допустимой относительной погрешности измерений.

Минимально допустимым числом наблюдений принимают $m=3$, так как при $m \geqslant 3$ становится возможным согласно ГОСТ 11.002—73, оценивать наличие грубых ошибок в результатах наблюдений при измерениях ОРП (по п. 1.6.4 настоящего стандарта).

8. В зависимости от соотношения $\sigma_в$ и Θ, определенных по пп. 6 и 1 или 2, могут согласно ГОСТ 8.207—76, разд. 5, иметь место два крайних случая:

если $\Theta > \dfrac{8\sigma_в}{\sqrt{3}}$, то случайной составляющей погрешности результата измерений ОРП пренебрегают и ограничиваются тремя наблюдениями ($m=3$);

если по результатам измерений п. 4 $\Theta < \dfrac{0{,}8\sigma_в}{\sqrt{20}}$, то пренебрегают неисключенной систематической составляющей погрешности результата измерений ОРП и число необходимых наблюдений определяют из неравенства

$$m \geqslant \left(u^{\gamma} \cdot \frac{\sigma_{во}}{\delta_0} \right)^2, \qquad (3)$$

где m — число необходимых наблюдений при измерениях ОРП с допустимой погрешностью δ_0;

u^{γ} — квантиль нормального распределения при односторонней доверительной вероятности $\gamma=0{,}975$; $u^{0{,}975}=1{,}96$;

$\sigma_{во}$ — верхняя доверительная граница СКО по п. 6 в относительной форме.

При $\sigma_{во} \leqslant 0{,}8\ \delta_0$ допустимы измерения с ограниченным числом наблюдений $m=3$. При $\sigma_{во} \sim 2\ \delta_0$ условие (3) выполняется для $m \sim 20$, измерения становятся чрезмерно длительными и рассматриваемую установку следует признать не соответствующей требуемому показателю точности при измерениях ОРП.

9. В общем случае рассматривают верхний предел границы относительной погрешности результата измерений ($P=0{,}95$) ОРП источников для используемой установки (по ГОСТ 8.207—76)

$$\Delta_{во} = \sigma_{во} \cdot K_m^v \sqrt{\frac{1}{m} + \frac{v^2}{3{,}63}}, \qquad (4)$$

где $v = \dfrac{\Theta_0}{\sigma_{во}}$ — отношение неисключенной систематической составляющей погрешности результата измерений ОРП к верхнему пределу СКО результата наблюдения;

Θ_0 — неисключенная систематическая составляющая погрешности измерений по п. 1 или 2 в относительной форме;

K_m^v — коэффициент по ГОСТ 8.207—76, разд. 5, выраженный через v с использованием верхней доверительной границы СКО результата наблюдения

$$K_m^v = \frac{\frac{u^\gamma}{\sqrt{m}} + v}{\frac{1}{\sqrt{m}} + \frac{v}{1{,}1\sqrt{3}}}. \qquad (5)$$

Коэффициент K_m^v для используемой установки, который слабо зависит от числа наблюдений, допускается вычислять для минимально допустимого числа наблюдений

$$K_3^v = \frac{1{,}96 + 1{,}73v}{1 + 0{,}91v}, \qquad (6)$$

где K_3^v — коэффициент по формуле (5) при ограниченном числе наблюдений $m = 3$.

За минимально необходимое для выполнения условия (2) число наблюдений принимают такое значение m, для которого начинает выполняться неравенство

$$m \geqslant \frac{\left(K_3^v\right)^2}{\left(\frac{\delta_0}{\sigma_{во}}\right)^2 - \left(\frac{K_3^v \cdot v}{3{,}63}\right)^2}. \qquad (7)$$

Если условие (7) выполняется при $m \sim 20$, то следует руководствоваться п. 8.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Рекомендуемое

ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ОГРАНИЧЕННОГО ТЕЛЕСНОГО УГЛА МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПОТОКА ФОТОНОВ РЕНТГЕНОВСКОГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ МЕТОДОМ ОГРАНИЧЕННОГО ТЕЛЕСНОГО УГЛА

1. Настоящая методика распространяется на радионуклидные закрытые источники рентгеновского и гамма-излучения и устанавливает метод и средства измерений потока фотонов в телесный угол 10^{-4} ср относительно нормали к рабочей поверхности, что эквивалентно плотности потока фотонов на расстоянии 1 м от рабочей поверхности источника (далее — поток фотонов). Диапазон измеряемых потоков фотонов 10—10^6 $с^{-1}$ при энергии фотонов от 0,8 до 16 фДж (5—100 кэВ).

2. Средства измерений и вспомогательные устройства

2.1. Спектрометрическая установка, соответствующая требованиям разд. 1 настоящего стандарта, предназначенная для измерения потока фотонов в ограниченном, заранее определенном телесном угле, в составе:

вакуумной камеры при остаточном давлении не более 13 Па (10^{-1} мм рт. ст.) диаметром 0,4 м и высотой 1,4 м;

измерительной линейки, находящейся внутри вакуумной камеры и позволяющей воспроизводить геометрию измерений при изменении расстояния между источником и коллимирующей диафрагмой от 0,1 до 1,3 мм;

спектрометра рентгеновского и гамма-излучения, включающего в себя блоки детектирования на основе монокристалла NaJ(Tl) толщиной 1 и 3 мм, набор электронных блоков, предназначенных для усиления и формирования импульсов, и многоканальный амплитудный анализатор, соответствующий ГОСТ 16957—80;

набора кольцевых диафрагм из нержавеющей стали толщиной 5 мм и диаметром отверстий от 3 до 18 мм.

2.2. *Вспомогательные устройства:*

компаратор типа ИЗА-2 для измерения диаметра отверстия диафрагмы;

вакуумметр типа ВИТ-2 для контроля остаточного давления вакуумной камеры;

образцовые источники гамма-излучения (ОСГИ) на основе радионуклидов кобальт-57 и америций-241.

2.3. *Требования к средствам измерений*

Ширина пика полного поглощения фотонов на половине его высоты (ПШПВ), характеризующая энергетическое разрешение спектрометра, для K_K-излучения железа источника ОСГИ на основе радионуклида кобальт-57, не должна быть более 0,6 фДж (3,5 кэВ).

Временная нестабильность спектрометрического тракта, оцениваемая по максимальному сдвигу положения ППП за время рабочей смены (п. 6.1.3), не должна быть более 3%.

Для регистрации фотонов с эффективностью 100% для диапазона энергий фотонов 0,8—4 фДж (5—25кэВ) в качестве детектора применяют монокристалл NaJ(Tl) толщиной 1 мм, а для диапазона энергий 4—16 фДж (25—100 кэВ) — монокристалл NaJ(Tl) толщиной 3 мм.

3. Метод измерения

Поток фотонов рентгеновского и (или) гамма-излучения в телесный угол 10^{-4} ср относительно нормали к рабочей поверхности контролируемого источника измеряют методом ограниченного телесного угла по разд. 2 настоящего стандарта.

4. Требования безопасности — по разд. 7 настоящего стандарта.

5. Условия проведения измерений

При проведении измерений должны соблюдаться условия, соответствующие требованиям разд. 1 настоящего стандарта, а именно:

температура от 288 до 303 К (от 15 до 30°С);

атмосферное давление от 96 до 104 кПа (от 720 до 780 мм рт. ст.);

максимальная статистическая загрузка спектрометрического тракта не должна быть более $3 \cdot 10^3$ $с^{-1}$;

скорость счета, обусловленная фоном, не должна составлять более 0,1 скорости счета от контролируемого источника.

6. Подготовка к выполнению измерений

6.1. Включают установку, устанавливают рабочий режим блоков спектрометра и проводят градуировку установки в соответствии с требованиями разд. 2 настоящего стандарта со следующими дополнениями.

6.1.1. Выбирают режим работы блоков усилительного тракта и анализатора таким, чтобы обеспечить надежное выделение ППП рентгеновского излучения контролируемого источника относительно шумов спектрометрической установки.

6.1.2. Проверяют ПШПВ спектрометра, следуя методике, изложенной в ГОСТ 18398—81, разд. 6.

6.1.3. Определяют временную нестабильность спектрометрического тракта путем многократных измерений источника гамма-излучения на основе радионуклида кобальт-57.

Время измерения выбирают таким, чтобы в максимумах ППП набиралось не менее 10^3 импульсов. Проводят не менее десяти измерений через 30 мин в течение 7 ч непрерывной работы спектрометра.

Определяют положения максимумов ППП (номера каналов) на шкале анализатора, соответствующие регистрации гамма-квантов с энергиями 1,04 фДж (6,48 кэВ) и 2,31 фДж (14,4 кэВ).

Рассчитывают среднее арифметическое значение и среднее квадратическое отклонение результатов наблюдений по формуле

$$S^{(1,2)} = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^{m} (V_i^{(1,2)} - \overline{V}^{(1,2)})^2}, \qquad (1)$$

где $S^{(1,2)}$ — среднее квадратическое отклонение результата наблюдения;

$V_i^{(1,2)}$ — положение максимума каждого из ППП (номер канала) на шкале анализатора, определенное при i-м наблюдении;

$\overline{V}^{(1,2)}$ — среднее арифметическое значение положений максимумов для каждого из ППП, рассчитанное по формуле

$$\overline{V}^{(1,2)} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} V_i^{(1,2)}, \qquad (2)$$

где m — число наблюдений.

Относительную временную нестабильность спектрометрического тракта рассчитывают по формуле

$$\sigma_{вн} = \frac{S_{max}}{\overline{V}^{(1,2)}} \cdot 100, \qquad (3)$$

где $\sigma_{вн}$ — временная нестабильность спектрометрического тракта, %;

S_{max} — максимальное из средних квадратических отклонений положения максимумов ППП фотонов двух указанных энергий.

6.2. Перед началом непрерывных измерений ОРП источников проверяют исправность работы установки согласно разд. 1 настоящего стандарта. СКО результата наблюдения не должно быть более 3%.

7. Выполнение измерений

7.1. Измерения проводят согласно правилам, изложенным в разд. 2 настоящего стандарта, со следующими дополнениями:

вакуумную камеру вскрывают, предварительно наполнив ее воздухом;

контролируемый источник устанавливают в положение для измерений;

устанавливают диафрагму с известным диаметром отверстия;

оценивают скорость счета и подбирают расстояние между рабочей поверхностью источника и краем диафрагмы, обращенной к детектору, для обеспечения требования к загрузке спектрометра по п. 5;

измеряют выбранное расстояние источник — диафрагма;

определяют длительность набора импульсов при одном наблюдении для выполнения условий разд. 1 настоящего стандарта;

вакуумную камеру закрывают и проводят ее откачку до давления, указанного в п. 2;

проводят четыре последовательных наблюдения скорости счета фотонов в выбранной геометрии измерений; число зарегистрированных при каждом наблюдении импульсов определяют поканальным суммированием участка спектра, соответствующего ППП фотонов заданной энергии. Чтобы свести к минимуму влияние просчетов, измерения проводят в режиме, учитывающем «мертвое время» анализатора, при котором длительность набора импульсов увеличивается на суммарное время обработки импульсов;

проводят разгерметизацию камеры;

контролируемый источник убирают и измеряют фоновую скорость счета на том же участке спектра, который был выбран в соответствии с условиями обработки ППП. Фоновую скорость счета измеряют с относительной статистической погрешностью не более 10%.

8. Обработка результатов измерений

8.1. В соответствии с разд. 3 настоящего стандарта рассчитывают среднюю скорость счета от контролируемого источника за вычетом фона

$$\overline{n}_{\text{к}} = \frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4} n_{\text{к}i}, \qquad (4)$$

где $\overline{n}_{\text{к}}$ — средняя скорость счета за вычетом фона, $с^{-1}$;

$n_{\text{к}i}$ — скорость счета от контролируемого источника за вычетом фона при i-м наблюдении, $с^{-1}$.

Поток фотонов, создаваемый контролируемым источником в телесном угле 10^{-4} ср, рассчитывают по формуле

$$\Phi_{\text{к}} = \frac{100\ \overline{n}_{\text{к}}}{\Omega \cdot \omega \cdot K_1 \cdot K_2} \cdot 10^{-4}, \qquad (5)$$

где $\Phi_{\text{к}}$ — поток фотонов, создаваемый источником в телесном угле 10^{-4} ср, $с^{-1}$;

$\overline{n}_{\text{к}}$ — средняя скорость счета за вычетом фона, $с^{-1}$;

Ω — используемый телесный угол, ср;

ω — эффективность детектора, %;

K_1 — поправочный множитель, учитывающий поглощение излучения на пути между рабочей поверхностью источника и входным окном детектора, и эффекты, связанные с рассеянием и проникновением через диафрагму;

K_2 — поправочный множитель, учитывающий поглощение излучения во входном окне детектора.

8.2. Рассчитывают значение телесного угла, использованного при измерении ОРП источника

$$\Omega = 2\pi\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{n^2}}}\right), \qquad (6)$$

где r — радиус диафрагмы, мм;

h — расстояние от рабочей поверхности источника до плоскости диафрагмы, обращенной к детектору, мм.

8.3. Границы суммарной относительной погрешности результата измерения потока фотонов $\Delta_0(\Phi_к)$ при доверительной вероятности 0,95 рассчитывают согласно ГОСТ 8.207—76 по формуле

$$\Delta_0(\Phi_к) = K \cdot S_\Sigma , \qquad (7)$$

где K — коэффициент, зависящий от соотношения случайной и систематической составляющих погрешности измерения;

S_Σ — суммарное относительное среднее квадратическое отклонение результата измерения потока фотонов.

Для расчета K используют следующую формулу

$$K = \frac{\varepsilon + \Theta}{S(\bar{n}_к) + \sqrt{\frac{1}{3}\sum_i \Theta_i}}, \qquad (8)$$

где ε — доверительные границы случайной составляющей относительной погрешности;

Θ — доверительные границы неисключенной систематической составляющей относительной погрешности;

$S(\bar{n}_к)$ — относительное среднее квадратическое отклонение результата измерения;

Θ_i — отдельный компонент неисключенной систематической составляющей относительной погрешности.

Доверительные границы случайной составляющей относительной погрешности вычисляют по формуле

$$\varepsilon = t_{m-1} \cdot S(\bar{n}_к), \qquad (9)$$

где t_{m-1} — квантиль распределения Стьюдента для m наблюдений; при $m=4$ $t_3=2{,}776$ $(P=0{,}95)$.

Доверительную границу неисключенной систематической составляющей относительной погрешности вычисляют по формуле

$$\Theta = 1{,}1\sqrt{\sum_i \Theta_i^2} . \qquad (10)$$

Относительное среднее квадратическое отклонение результата измерения оценивают по формуле

$$S_{(\bar{n}_к)} = \frac{100}{\bar{n}_к}\sqrt{\frac{1}{m(m-1)}\sum_{i=1}^{m}(n_i - \bar{n}_к)^2} . \qquad (11)$$

Суммарное среднее квадратическое отклонение вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma}=\sqrt{S^2_{(\overline{n_к})}+\frac{1}{3}\sum_i \Theta_i^2}\ . \qquad (12)$$

При вычислении Δ_0 ($\varphi_к$) K принимают равным 2,2. При расчете S_{Σ} учитывают доверительные границы неисключенных погрешностей следующих составляющих систематической погрешности измерений:

Θ_{Ω} — составляющая систематической погрешности, связанная с погрешностью определения телесного угла, определяемая по формуле

$$\Theta_{\Omega}=\frac{r\sqrt{h^2\cdot\Delta r^2+r^2\cdot\Delta h^2}}{(r^2+h^2)\sqrt{r^2+h^2}-h}, \qquad (13)$$

где r — радиус отверстия диафрагмы, мм;

h — расстояние источник — детектор, мм;

Δr и Δh — погрешности определения соответствующих величин при доверительной вероятности 0,95%.

В зависимости от условий измерения $\Theta_{\Omega}=(0{,}2\div 4{,}5)\%$;

Θ_{ω} — составляющая систематической погрешности, связанная с определением эффективности регистрации фотонов детектором и с учетом влияния границ участка при поканальном суммировании; $\Theta_{\omega}\leqslant 2\%$;

Θ_{K_1} — составляющая неисключенной систематической погрешности, связанная с определением поправки на поглощение фотонов при прохождении от рабочей поверхности источника до входного окна детектора; $\Theta_{K_1}\leqslant 3\%$;

Θ_{K_2} — составляющая неисключенной систематической погрешности, связанная с определением поправки на поглощение фотонов при прохождении входного окна и в «мертвом» слое детектора; $\Theta_{K_2}\leqslant 0{,}5\%$.

9. Границы суммарной относительной погрешности измерения потока фотонов при доверительной вероятности 0,95 не должны быть более 10%.

Редактор *М. В. Глушкова*
Технический редактор *В. И. Тушева*
Корректор *В. Ф. Малютина*

Сдано в наб. 11.11.84 Подп. в печ. 20.02.85 1,75 усл. п. л. 1,88 усл. кр.-отт. 1,94 уч.-изд. л.
Тир. 6000 Цена 10 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3
Тип. «Московский печатник». Москва, Лялин пер., 6. Зак. 1096

Изменение № 1 ГОСТ 26308—84 Источники рентгеновского излучения радионуклидные закрытые. Методы измерения параметров

Утверждено и введено в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 09.04.90 № 825

Дата введения 01.01.91

Вводная часть. Второй абзац. Заменить значение: $0{,}1—10^6$ с$^{-1}$ на $5\cdot10^{-5}$ — $1\cdot10^6$ с$^{-1}$.

Пункт 1.2. Исключить слова: «предусмотренную ГОСТ 23648—79».

Пункт 1.6.1. Исключить слова: «согласно ГОСТ 11.004—74, разд. 1».

Пункт 1.6.4. Первый абзац. Исключить ссылку: «(ГОСТ 11.002—73. разд. 3)»;

второй абзац. Заменить слова: «по ГОСТ 11.004—74, разд. 3» на «с использованием верхней доверительной границы СКО $\sigma_в$ по формуле».

Пункт 3.3.1. Второй абзац. Исключить слова: «по ГОСТ 14641—80».

Пункт 3.3.2. Второй абзац. Заменить слова: «сцинтилляционного детектора» на «сцинтилляционным детектором».

Пункт 4.1. Формула (8). Заменить обозначение: L_t на K_t.

Пункт 6.1. Четвертый абзац. Заменить слова: «учитывая периоды полураспада входящих в нее радионуклидов» на «на время измерений».

Пункт 6.2.3. Четвертый абзац. Исключить ссылки: «ГОСТ 6616—74 и ГОСТ 6651—78».

Пункт 7.1. Заменить ссылки: ОСП-72/80 на ОСП-72/87. НРБ-76 на НРБ-76/87.

Приложение 1. Пункты 1, 2. Заменить ссылку: ГОСТ 24281—80 на ГОСТ 27451—87.

Пункт 4. Заменить ссылку: ГОСТ 11.004—74 на СТ СЭВ 876—78.

Пункт 5. Заменить ссылку: ГОСТ 11.002—73 на ГОСТ 8.207—76.

Пункт 6. Первый абзац изложить в новой редакции: «На основании результатов п. 4 определяют верхнюю доверительную границу СКО результата наблюдения $\sigma_в$ по СТ СЭВ 876—78:

$$\sigma_в = \varkappa_{1-\gamma}(\nu)\cdot S, \qquad (1)$$

где $\sigma_в$ — верхняя доверительная граница СКО результата наблюдения;

$\varkappa_{1-\gamma}(\nu)$ — коэффициент соответствующий односторонней доверительной вероятности $\gamma = 0{,}975$ и числу степеней свободы $\nu = n - 1$ в измерении по п. 4 ($n \geqslant 20$); для $n = 20$ $\varkappa_{0{,}025}(19) = 1{,}46$;

S — оценка СКО результата наблюдения по п. 4»;

(Продолжение см. с. 288)

(Продолжение изменения к ГОСТ 26308—84)

второй абзац. Исключить слова: «согласно ГОСТ 11.004—74, разд. 2»;

заменить ссылку: «по ГОСТ 11.004—74, разд. 3» на «по формуле (2) п. 1.6.4 настоящего стандарта»;

пункт 7. Третий абзац. Исключить слова: «согласно ГОСТ 11.002—73».

Приложение 2. Наименование после слова «рентгеновского» дополнить союзом: «и».

Пункт 8.2. Формула (6). Заменить знаменатель дроби:

$$\sqrt{1-\frac{r^2}{n^2}} \text{ на } \sqrt{1+\frac{r^2}{h^2}}.$$

Пункт 8.3. Формула (9). Экспликация. Заменить значение: 2,776 на 3.18;

формулу (13) (кроме экспликации) изложить в новой редакции:

$$\theta_\Omega = \frac{r\sqrt{h^2\cdot\Delta r^2+r^2\cdot\Delta h^2}}{(r^2+h^2)\sqrt{r^2+h^2}-h}\cdot 100;$$

экспликация. Заменить слова: «вероятности 0.95 %» на «вероятности 0.95, мм».

(ИУС № 7 1990 г).

gost.e-ecolog.ru