
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р
Проект, 1 редакция

**Источники радионуклидные альфа-, бета- и фотонного излучения.
Требования к эталонам для калибровки, поверки приборов
контроля поверхностного загрязнения (мониторов)
(ISO 8769:2020, Measurement of radioactivity – Alpha-, beta- and photon
emitting radionuclides – Reference measurement standard
specifications for the calibration of surface contamination monitors,
MOD)**

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его принятия

ПРЕДИСЛОВИЕ

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева» ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» на основе официального перевода на русский язык англоязычной версии указанного в пункте 4 стандарта, который выполнен Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» ФГБУ «РСТ»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 206 «Эталоны и поверочные схемы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ _____

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному ISO 8769:2020 Measurement of radioactivity – Alpha-, beta- and photon emitting radionuclides – Reference measurement standard specifications for the calibration of surface contamination monitors путем изменения отдельных фраз (слов, значений показателей, ссылок), которые выделены в тексте курсивом, при этом в него не включены абзацы применяемого международного стандарта, которые нецелесообразно применять в российской национальной стандартизации в связи с особенностями передачи единиц, регламентируемой государственными поверочными схемами.

Указанные абзацы, не включенные в основную часть настоящего стандарта, приведены в дополнительном приложении.

Внесение указанных технических отклонений направлено на учет особенностей объекта стандартизации, характерных для Российской Федерации.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с [ГОСТ Р 1.5](#) (подраздел 3.5).

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 Необходимо обратить внимание на то, что некоторые элементы этого документа могут являться объектами патентных прав. ИСО не обязана определять какие-либо или все части, являющиеся объектами патентных прав. Подробную информацию о любых патентных правах, выявленных во время разработки документа см. во Введении и/или в списке полученных патентных деклараций ISO (см. www.iso.org/patents).

Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона "О стандартизации в Российской Федерации". Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в годовом (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе "Национальные стандарты", а официальный текст изменений и поправок - в ежемесячно издаваемом информационном указателе "Национальные стандарты". В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя "Национальные стандарты". Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования - на официальном сайте федерального органа

исполнительной власти в сфере стандартизации в сети Интернет (www.rst.gov.ru)

© ISO, 2022– Все права сохраняются
© Оформление. ФГБУ «РСТ», 202_

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Введение

Радиоактивное загрязнение поверхностей может быть результатом диффузии или утечки радиоактивного вещества из негерметичных источников, а также нарушения или потери целостности закрытых источников. Это может привести к распространению загрязнения, потере контроля качества и возникновению следующих опасностей для здоровья:

- а) внешнее воздействие на части тела, находящиеся вблизи загрязненной поверхности;
- б) внутреннее облучение за счет проникновения в организм радиоактивного вещества с загрязненной поверхности.

Необходимость эффективного мониторинга поверхностного загрязнения признана очень давно, см. ссылку [1]. Поверхностное загрязнение количественно определяется активностью на единицу площади и используется для нормирования допустимых уровней поверхностного загрязнения. Эти пределы рассчитываются на основе степени радиологической защиты и эквивалента дозы или пределов поступления, рекомендованных Международной комиссией по радиологической защите (ICRP), см. ссылки [2] и [3]. Значения допустимых уровней включены в национальные и международные нормативные документы, которые относятся к мониторингу поверхностного загрязнения.

Разработка настоящего стандарта обусловлена необходимостью установления требований к эталонам для калибровки, поверки приборов контроля поверхностного загрязнения (далее по тексту - мониторов поверхностного загрязнения).

В то время как нормативные документы рассматривают поверхностное загрязнение в терминах активности на единицу площади, отклик применяемых при мониторинге приборов связан непосредственно с излучением, испускаемым с поверхности, а не с активностью на поверхности или внутри нее. Из-за различий в поглощающих и рассеивающих свойствах реальных поверхностей нельзя предполагать, что существует простая известная связь между внешним излучением (*поток*) и активностью. Таким образом, возникает очевидная потребность в эталонах внешнего излучения (*потока*) и активности радионуклидов, применяемых для калибровки. Способ использования этих эталонов и связанных с ними протоколов калибровки варьируется от страны к стране [4].

Калибровка, *поверка* приборов в единицах активности радионуклидов для поверхностей, которые обычно встречаются при мониторинге, зависит от следующих аспектов:

- смесь и соотношение контролируемых радионуклидов;
- их типы и распространенность выбросов;
- характер поверхности;
- глубины и профили распределения в пределах поверхности;
- влияние толщины входного окна прибора;
- расстояние между входным окном прибора и поверхностью.

Таким образом, получение соответствующих калибровочных коэффициентов с точки зрения активности является очень сложным процессом, который выходит за рамки данного документа. Соответствующее руководство по этому процессу содержится в ISO 7503 (все части)[5]. Однако ориентировочная оценка активности источника требуется для общих целей радиационной безопасности, таких как обращение с ними, проверка на утечку, экранирование, упаковка и транспортировка.

Это общий вопрос для всех радионуклидных источников, независимо от их предполагаемого использования, и поэтому в настоящем документе специально он не рассматривается.

Прослеживаемость эталонов к международным эталонам или национальным эталонам устанавливается системой передачи эталонам единиц величин.

Источники радионуклидные альфа-, бета- и фотонного излучения. Требования к эталонам для калибровки, поверки приборов контроля поверхностного загрязнения (мониторов)

ISO 8769:2020, Measurement of radioactivity – Alpha-, beta- and photon emitting radionuclides – Reference measurement standard specifications for the calibration of surface contamination monitors

Дата введения – ____ ____

1 Область применения

Настоящий документ определяет характеристики эталонов, которые прослеживаются к национальным эталонам и применяются для калибровки, поверки мониторов поверхностного загрязнения. Данный документ распространяется на альфа-, бета-излучающие радионуклиды и на радионуклиды, распад которых сопровождается испусканием фотонов с максимальной энергией не более 1,5 МэВ.

В нем не описываются процедуры, связанные с использованием этих эталонов для калибровки мониторов поверхностного загрязнения. Такие процедуры указаны в IEC 60325[6], IEC 62363[7], а также других документах.

ПРИМЕЧАНИЕ. Поскольку некоторые из предлагаемых эталонов фотонного излучения включают в себя фильтры, эти эталоны следует рассматривать как эталоны внешнего излучения (*потока*) фотонов определенного диапазона энергий, а не как эталоны конкретного радионуклида. Например, с поверхности фильтра, установленного на источник ^{241}Am , не испускаются альфа-частицы или характерные низкоэнергетические L-рентгеновские фотоны, связанные с распадом нуклида. Он предназначен для использования в качестве эталона, излучающего фотоны со средней энергией примерно 60 кэВ.

В настоящем документе также указаны предпочтительные виды излучений для калибровки мониторов поверхностного загрязнения. Эти излучения реализуются с помощью источников большой площади с указанием внешнего излучения (*потока*) и активности, которые прослеживаются в соответствии с национальными стандартами.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 8.033 (проект) «Государственная поверочная схема для средств измерений активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников» (далее ГПС)

ISO 12749-2, Ядерная энергия, ядерные технологии и радиологическая защита. Словарь. Часть 2: Радиологическая защита

IEC 60050-395, Международный электротехнический словарь. Часть 395: Ядерная измерительная аппаратура: Физические явления, основные положения, инструменты, системы, оборудование и детекторы.

Издание официальное

Примечание - При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил и/или классификаторов) в информационной системе общего пользования – на официальном сайте федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячно издаваемого информационного указателя "Национальные стандарты" за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта (документа) с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта (документа) с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт (документ) отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем документе используются термины и определения из ISO 12749-2, IEC 60050-395, а также следующие термины и определения.

ИСО и МЭК осуществляют поддержку терминологических баз данных для использования в стандартизации по следующим адресам:

- Сетевая платформа для просмотра файлов ИСО см. в <https://www.iso.org/obp>
- Электропедия МЭК см. в <https://www.electropedia.org/>

3.1 внешнее излучение (*поток*)

surface emission rate

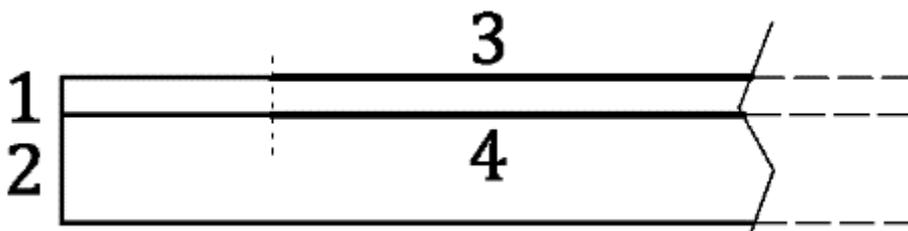
<источника> количество частиц или фотонов с энергией выше установленного порога, выходящих с поверхности источника или через его окно в секунду при условии отсутствия рассеяния

3.2 активная поверхность

face

<источника> вертикальная проекция номинальной активной площади на рабочую поверхность источника

Примечание 1 к определению: см. Рисунок 1.



1 - фильтр; 2 – подложка, 3 - активная поверхность, 4 - номинальная активная площадь

Рисунок 1 — Чертеж поперечного сечения **источника** с фильтром

3.3 толщина слоя насыщения

saturation layer thickness

<источника, изготовленного из однородного радиоактивного материала> толщина радиоактивного материала источника, равная максимальному пробегу заряженных частиц

3.4 эффективность прибора

instrument efficiency

отношение показаний прибора (количество отсчетов в секунду после вычитания фона) к внешнему излучению эталона (количество частиц, испускаемых в секунду) в заданной геометрии

Примечание 1 к определению: эффективность прибора зависит от энергии излучения эталона, площади эталона и площади входного окна детектора.

3.5 самопоглощение

self-absorption

<источника> поглощение излучения, происходящее внутри материала самого источника

3.6 неопределенность

uncertainty

стандартная неопределенность ($k = 1$), если не заявлено иное

Примечание 1 к определению:

учет неопределенностей осуществляется в соответствии с Руководством ISO/IEC 98-3[8] по выражению неопределенности измерения.

3.7 однородность

uniformity

<поверхности в отношении данного свойства> указание на отсутствие изменения этого свойства по поверхности

4 Прослеживаемость эталонов

Для обеспечения того, чтобы рабочие эталоны *2 разряда*, используемые для калибровки мониторов поверхностного загрязнения, были связаны с *государственным первичным эталоном (далее ГПЭ)* необходима четко определенная цепочка прослеживаемости с использованием *вторичных эталонов и рабочих эталонов 1 разряда в соответствии с ГПС*.

Эталон должны быть следующих двух типов:

— *Вторичный эталон*: эталон, единицы активности и внешнего излучения (*потока*) которому переданы от ГПЭ в национальном или международном институте метрологии.

— *Рабочий эталон 1 разряда*: эталон, единица внешнего излучения (*потока*) которому передана с помощью радиометрических установок или компаратора. Эффективность радиометрических установок должна быть определена путем калибровки по вторичному эталону из того же радионуклида с аналогичной конструкцией и в той же геометрии в лаборатории, которая аккредитована в

соответствии со стандартом ISO/IEC 17025[16] для таких измерений.

Национальные метрологические институты по своему усмотрению применяют средства, с помощью которых они могут *аттестовать, поверить, калибровать* вторичные эталоны из определенного диапазона радионуклидов. Для тех стран, которые подписали Соглашение о взаимном признании (MRA)[9], сертификат калибровки от другого участвующего института во второй стране признается действительным в первой стране для величин, диапазонов и неопределенностей измерений, указанных в Приложении С ссылки [9].

Активность и внешнее излучение (*поток*) должны быть измерены с использованием, например, проточного пропорционального беззаконного детектора или с помощью прибора, калиброванного с использованием эталонов, которые были измерены абсолютными методами. Процедуры калибровки для определения активности обсуждаются, например, в ссылках [10], [11], [12] и [13].

Организации, занимающиеся испытаниями с целью *утверждения типа средств измерений* и калибровкой приборов, которые будут использоваться для контроля радиоактивного загрязнения поверхности, должны иметь доступ к подходящим *вторичным и рабочим эталонам 1 и 2 разряда*. Предназначением рабочего эталона 2 разряда является проверка калибровки мониторов поверхностного загрязнения; их не следует путать с *контрольными* источниками, которые предназначены только для проверки работы монитора.

Если рабочий эталон 2 разряда используется в приспособлении или в определенной геометрии, *радиометрическая установка для передачи единицы* внешнего излучения (*потока*) *этому эталону* должна быть откалибрована в идентичных условиях и геометрии. В качестве альтернативы рабочий эталон 2 разряда должен сниматься с приспособления для измерений обычным способом. Если требуется калибровка лишь нескольких мониторов или требуется высокая степень точности, вместо рабочих эталонов 2 разряда могут использоваться *вторичные или рабочие эталоны 1 разряда*. В таких случаях периодичность повторной *аттестации, проверки, калибровки* должна быть такой же, как и для рабочих эталонов 2 разряда. Национальные нормы могут предусматривать более частые калибровки.

5 Требования к эталонам

5.1 Общие положения

Эталоны подразделяют на следующие виды:

а) Источники, представляющие собой подложку из электропроводящего материала с нанесенным на одну сторону или включенным в нее радионуклидом; толщина материала подложки должна быть достаточной для предотвращения излучения через заднюю часть источника.

или

б) Источники, состоящие из слоя материала, в котором радионуклид распределен равномерно, толщина слоя материала не должна превышать толщину слоя насыщения. Под активностью источника следует понимать активность, содержащуюся в поверхностном слое толщиной, равной или меньшей, чем толщина слоя насыщения.

Источники излучения фотонов должны иметь фильтры в соответствии с Таблицей 1. Для измерения внешнего излучения (*потока*) необходимо установить пороговое значение, соответствующее минимальной энергии. Для бета-счета значение должно соответствовать энергии фотона равной 590 эВ (0,1 от энергии рентгеновского излучения ^{55}Mn , сопровождающего распад ^{55}Fe). Для альфа-счета

порог должен быть установлен выше электронного шума системы. Для регистрации фотонов порог должен включать пик полного поглощения фотонов и всю комптоновскую часть спектра.

Для альфа-излучателей и низкоэнергетических бета-излучателей самопоглощение может быть довольно существенным. Это приводит к ухудшению спектра излучения и может повлиять на измерения с помощью оконных устройств сравнения.

Эталоны должны соответствовать назначению, изготовитель несет ответственность за определение радиоактивных примесей и регистрацию радиоактивных примесей в той мере, в какой это необходимо для гарантии того, что любые примеси не оказывают влияния на использование эталона. Как минимум, должны быть определены и зарегистрированы все радиоактивные примеси с активностью не менее 1 % от активности основного радионуклида.

Для эталонов, которые могут содержать радиоактивные примеси, пользователи эталона должны учитывать, что относительная активность примесей меняется со временем и может оказывать значительное влияние на внешнее излучение (*поток*) эталона.

Таблица 1 Характеристики и дополнительные фильтры для эталонов, являющихся излучателями фотонов

Приблизительная средняя энергия фотона ^a кэВ	Радионуклид	Период полураспада, сутки	Материал фильтра ^b	Толщина фильтра
5,9	⁵⁵ Fe	$1,00 \cdot 10^3$	нет	
16	²³⁸ Pu	$3,20 \cdot 10^4$	цирконий	0,05 мм $32,5 \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$
32	¹²⁹ I	$5,88 \cdot 10^9$	алюминий	0,3 мм $81 \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$
60	²⁴¹ Am	$1,58 \cdot 10^5$	нерж. сталь	0,25 мм $200 \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$
124	⁵⁷ Co	272	нерж.сталь	0,25 мм $200 \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$
660	¹³⁷ Cs	$1,10 \cdot 10^4$	нерж.сталь	1 мм $800 \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$
1250	⁶⁰ Co	$1,93 \cdot 10^3$	алюминий	0,3 мм $81 \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Это эталоны фотонов определенного диапазона энергий, а не эталоны определенного радионуклида.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. В большинстве случаев ⁶⁰Co излучает два совпадающих фотона с угловой корреляцией между ними. Следует проявлять большую осторожность при использовании этой калибровки для других энергий или нуклидов.

^a Приблизительная средняя энергия фотона равна $(\sum n_i \times E_i) / \sum n_i$ где n_i – число

испускаемых фотонов с энергией E_i .

^b В настоящем стандарте принимают следующий состав нержавеющей стали: 72 % Fe, 18 % Cr, 10 % Ni.

5.2 Вторичные эталоны

5.2.1 Общие требования

Для соответствия требованиям, указанным в этом документе, источники, являющиеся *вторичными* эталонами, должны быть плоскими, из электропроводящего материала подложки с радиоактивным материалом, нанесенным на одну сторону или включенным в нее таким образом, чтобы свести к минимуму самопоглощение источника и поддерживать электропроводность по всей активной поверхности источника.

Активная площадь должна быть не менее 10^4 мм²; рекомендуемые размеры: 100 мм × 100 мм, 100 мм × 150 мм и 150 мм × 200 мм.

Вторичный эталон предназначен для максимального приближения к идеальному «тонкому» источнику (см. IEC 60325 [6]). Однако признано, что с альфа-излучателями и бета-излучателями с низкой энергией самопоглощение может быть довольно существенным. Поддержание электропроводности необходимо для корректной работы безоконных пропорциональных счетчиков. Толщина материала подложки должна быть такой, чтобы свести к минимуму вклад обратно рассеянного излучения, как частиц, так и фотонов. Рекомендуемый материал подложки — алюминий толщиной 3 мм (этой толщины достаточно, чтобы подавить прохождение электронов через подложку, за исключением источников ¹⁰⁶Ru/¹⁰⁶Rh, где толщину необходимо увеличить до 4,6 мм). Толщина материала подложки должна быть в пределах 10 % от значения, указанного в сертификате. Материал подложки должен выходить за пределы активной области так, чтобы эффект обратного рассеяния был равномерным по всей активной области. Рекомендуется, чтобы нерабочая часть подложки выступала не менее чем на 10 мм за пределы активной области источника.

Эталон, являющийся излучателями фотонов должны включать фильтры, указанные в Таблице 1. Фильтр, как правило, должен быть неотъемлемой частью источника, он не должен быть съемным. Их назначение описано в Приложении А. Площадь фильтра должна быть такой, чтобы он выступал не менее чем на 10 мм за пределы активной области источника. Толщина фильтра должна быть в пределах 10 % от значения, указанного в Таблице 1.

Эталон должен иметь *паспорт*, содержащий следующую информацию:

а) радионуклид;

ПРИМЕЧАНИЕ Значения периода полураспада и другие текущие значения ядерных данных приведены в ссылке [14].

б) идентификационный номер источника;

в) внешнее излучение (*поток*) и неопределенность;

г) активность и неопределенность;

д) примеси с активностью не менее 1 % от активности основного радионуклида;

е) дата, принятая за исходную для всех измерений [должна быть идентична для в), г) и д)];

ж) активная площадь: ее расположение и размер;

з) характер, толщина, плотность и размеры подложки;

и) тип, толщина, плотность и размеры фильтра (если он есть);

к) однородность и неопределенность (таблица относительных значений внешнего

излучения от отдельных частей источника);

к) *разряд* эталона.

Изготовители могут принять решение предоставить дополнительную информацию, например, глубину активного слоя. Маркировка на самом источнике должна указывать радионуклид и идентификационный номер источника.

5.2.2 Активность и внешнее излучение (*поток*)

Активность *вторичного эталона* должна быть такой, чтобы обеспечивать внешнее излучение (*поток*) в диапазоне от 2000 с^{-1} до $10\,000 \text{ с}^{-1}$ для обеспечения оптимальных условий измерений с учетом фона, статистической неопределенности и мертвого времени. Активность *не является метрологической характеристикой эталона* и должна быть указана с относительной стандартной неопределенностью, не превышающей 10%. Внешнее излучение (*поток*) должно быть измерено национальным метрологическим институтом с относительной *стандартной* неопределенностью, не превышающей следующих значений:

- а) 2 % для альфа-эталонов;
- б) 2 % для бета-эталонов с *граничной* энергией электронов более 150 кэВ;
- в) 2 % для бета-эталонов с *граничной* энергией электронов менее 150 кэВ;
- г) 2 % для фотонных эталонов.

Вторичные эталоны должны проходить периодическую *поверку, аттестацию* калибровку по внешнему излучению (*поток*) и однородности с периодичностью не реже одного раза в *три* года.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Частота повторной калибровки эталона может различаться в разных странах в зависимости от национальных норм.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Общая активность эталона должна быть связана с его размером, что необходимо для калибровки детекторов разных размеров. Для эталонов может потребоваться достаточная активность/см² для размещения в детекторах с рабочей площадью 6,4 см², но активность не должна быть настолько велика, чтобы чрезмерно загрузить детектор с рабочей площадью 200 см².

5.2.3 Однородность

Однородность эталона выражается как единица минус стандартное отклонение внешнего излучения (σ_n) отдельных частей всего эталона, деленное на среднее значение внешнего излучения (n), как указано в Формуле 1):

$$\left(1 - \frac{\sigma_n}{n}\right) \times 100 (\%) \quad (1)$$

Однородность *вторичного эталона* должна быть более 90%. В целях определения однородности эталона относительно внешнего излучения на единицу площади эталон считается состоящим из ряда частей одинаковой площади и формы. Для прямоугольного эталона форма частей должна быть идентична форме его активной области. Площадь одной части должна быть не более 10 см². Для рекомендуемых размеров (см. 5.2.1) эталон с активной площадью 100 мм × 100 мм и 100 мм × 150 мм должен быть разделен на 16 прямоугольных частей (4×4), а эталон размером 150 мм. × 200 мм должен быть разделен на 36 прямоугольных частей

(6x6).

Значения внешнего излучения (*потока*) должны определяться с относительной неопределенностью, которая должна соответствовать неопределенности, указанной для всего эталона в 5.2.2 и 5.3.2. Эти неопределенности должны учитываться при расчете стандартного отклонения для определения однородности, приводящей к неопределенности самой однородности (см. ссылку [10]).

Однородность может быть измерена с использованием технологии запоминающих пластин, позиционно-чувствительными измерительными системами или методом маски между исходным эталоном и детектором. Маска должна иметь отверстия соответствующего размера и обеспечивать достаточное экранирование детектора. При использовании метода маски следует всегда использовать одну и ту же часть детектора, чтобы свести к минимуму последствия возможной неравномерности поверхности самого детектора. Что касается других методов, следует принимать меры, чтобы свести к минимуму эффекты из-за возможной неравномерности эффективности всего детектора.

В тех случаях, когда площадь окна детектора *больше*, чем активная площадь эталона, можно избежать требования иметь подробные сведения об однородности, интегрально охарактеризовав внешнее излучение рабочей части эталона, которая соответствует входному окну детектора.

5.2.4 Радионуклиды

Вторичные эталоны должны быть изготовлены, если это возможно, из любого из радионуклидов, указанных в Таблице 1, Таблице 2 и Таблице 3. Данные о распаде, приведенные в этих таблицах, предназначены только в качестве ориентировочной информации, а данные, используемые для *поверки, аттестации, калибровки*, нужно брать из ссылки [14].

В Таблице 2 и Таблице 3 есть категории «предпочтительные» и «возможные альтернативы». Предпочтительные радионуклиды выбираются из-за их общедоступности, подходящего длительного периода полураспада, высокой удельной активности и способности охватывать обычный диапазон энергий, встречающийся в типовых ситуациях мониторинга.

Возможные альтернативы могут вызывать такие проблемы, как необходимость их регулярной замены

- из-за их относительно коротких периодов полураспада,
- из-за их низкой удельной активности, что затрудняет обеспечение достаточной активности в бесконечно малом активном слое,
- потому что они испускают дополнительное нежелательное излучение,
- из-за сложности обеспечения достаточной радиоактивной чистоты.

Таблица 2 Радионуклиды для эталонов с альфа-излучением

Радионуклид	Период полураспада в сутках	Максимальная энергия в кэВ	Примечания
Предпочтительные			
²⁴¹ Am	$1,58 \cdot 10^5$	5 544	—
²³⁰ Th	$2,75 \cdot 10^7$	4 688	—
Возможные альтернативы			

^{238}Pu	$3,20 \cdot 10^4$	5 499	—
-------------------	-------------------	-------	---

Таблица 3 Радионуклиды для эталонов с бета-излучением

Радионуклид	Период полураспада в сутках	Максимальная энергия в кэВ	Примечания
Предпочтительные			
^{14}C	$2,08 \cdot 10^6$	156	В зависимости от характера процесса изготовления может потребоваться более частая повторная <i>поверка, аттестация</i> , калибровка из-за возможного изотопного обмена с углеродом в атмосфере.
^{99}Tc	$7,72 \cdot 10^7$	294	—
^{36}Cl	$1,10 \cdot 10^8$	710	—
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	$1,05 \cdot 10^4 (^{90}\text{Sr})$ $2,67 (^{90}\text{Y})$	546 (^{90}Sr) 2280 (^{90}Y)	Если требуются только высокоэнергетические бета-излучения от ^{90}Y , то необходим фильтр $130 \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$, но это приводит к значительному ухудшению спектра излучения ^{90}Y .
$^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$	$372 (^{106}\text{Ru})$ $0,00035 (^{106}\text{Rh})$	$39 (^{106}\text{Ru})$ $3546 (^{106}\text{Rh})$	Относительно короткий период полураспада.
Возможные альтернативы			
^{147}Pm	958	224	Относительно короткий период полураспада.
^{204}Tl	$1,38 \cdot 10^3$	764	Приблизительно 3 % распадов происходят в результате электронного захвата, сопровождаемого рентгеновским излучением с энергией примерно от 70 кэВ до 90 кэВ.
^{60}Co	$1,93 \cdot 10^3$	317	Не является «чистым» бета-излучателем. Излучает фотоны с энергией 1173 МэВ и 1332 МэВ.
^3H	$4,50 \cdot 10^3$	19	В зависимости от характера производственного процесса может потребоваться более частая повторная <i>поверка, аттестация</i> , калибровка из-за возможного изотопного обмена с

Радионуклид	Период полураспада в сутках	Максимальная энергия в кэВ	Примечания
			Н в атмосфере.
^{63}Ni	$3,61 \cdot 10^4$	67	—

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Наиболее часто используемые приборы мониторинга не могут обнаруживать ^3H или ^{63}Ni . Мониторинг этих радионуклидов обычно требует специальных детекторов, и эти радионуклиды обычно не включаются в обычные калибровки.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. Многие лаборатории для *калибровки, поверки* используют набор эталонов бета-излучения, которые охватывают контролируемый диапазон энергий. Как правило, набор включает ^{14}C , ^{36}Cl и $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

5.3 Рабочие эталоны 1 разряда

5.3.1 Общие требования

Рабочие эталоны 1 разряда должны соответствовать тем же общим требованиям, которые установлены для *вторичных* эталонов. Они должны быть маркированы той же информацией, что и *вторичные* эталоны, и должны иметь *паспорт* в соответствии с 5.2.1.

5.3.2 Активность и внешнее излучение (поток)

Внешнее излучение (*поток*) эталона *1 разряда* должно соответствовать требованиям в зависимости от типа калибруемого прибора и проводимого испытания. Активность *не является метрологической характеристикой эталона* и должна быть указана с относительной *расширенной* ($k=2$) неопределенностью (*погрешностью*, $P=0,95$), не превышающей 20%. Внешнее излучение (*поток*) определяется с помощью *радиометрической установки или компаратора* (см. Раздел 6) с относительной *расширенной* ($k=2$) неопределенностью (*погрешностью*, $P=0,95$), не превышающей следующих значений:

- 5 % для альфа-эталонов;
- 5 % для бета-эталонов с *граничной* энергией электронов более 150 кэВ;
- 5 % для бета-эталонов с *граничной* энергией электронов менее 150 кэВ;
- 5 % для фотонных эталонов.

Эталоны *1 разряда* подлежат повторной *поверке, аттестации*, калибровке, в единицах активности, внешнего излучения (*потока*) и однородности с периодичностью не реже одного раза в *три* года (см. Примечания 1 и 2 к 5.2.2).

5.3.3 Однородность

Однородность *эталонов 1 разряда* должна соответствовать тем же требованиям, что и для *вторичных* эталонов (см. 5.2.3).

5.3.4 Радионуклиды

Эталоны *1 разряда* должны быть изготовлены из тех же радионуклидов, которые предусмотрены для *вторичных* эталонов в соответствии с 5.2.4.

5.4 Рабочий эталон 2 разряда

5.4.1 Общие требования

- a) Рабочие эталоны 2 разряда должны быть предоставлены в достаточном количестве и разных размеров, чтобы удовлетворить потребности организации по калибровке мониторов поверхностного загрязнения.
- b) Рабочие эталоны должны быть промаркированы с указанием внешнего излучения (*потока*) на дату, принятую за исходную для всех измерений, радионуклида и серийного номера, а также должны сопровождаться примечанием с подробным описанием геометрии, для которой должны использоваться. Если размер рабочего эталона сводит к минимуму пространство, доступное для маркировки, рабочий эталон должен иметь уникальный идентификатор и иметь *паспорт*, который также содержит уникальный идентификатор вместе с подробными сведениями о радионуклиде, внешнем излучении (*потоке*) и дате, принятой за исходную для всех измерений.
- c) Рабочие эталоны 2 разряда должны быть достаточно прочными, чтобы выдерживать повседневное обращение.
- d) При отсутствии противоречивых требований рабочие эталоны 2 разряда должны соответствовать требованиям, установленным для эталонов в 5.3.

5.4.2 Активность и внешнее излучение

Внешнее излучение (*поток*) рабочих эталонов 2 разряда должно быть согласовано пользователем и изготовителем. Активность рабочих эталонов должна быть указана изготовителем, выражена в единицах СИ и иметь прослеживаемость к первичному эталону. Внешнее излучение (*поток*) должно быть измерено на радиометрической установке, откалиброванной с использованием *вторичных эталонов* или *эталонов 1 разряда* аналогичной конструкции. Внешнее излучение (*поток*) рабочих эталонов должна быть известно с относительной *расширенной* ($k=2$) неопределенностью (*погрешностью*, $P=0,95$), не превышающей 7%.

Рабочие эталоны 2 разряда подлежат повторной *аттестации*, *поверке*, калибровке с периодичностью не реже одного раза в два года.

5.4.3 Однородность

Однородность рабочего эталона 2 разряда предпочтительно должна быть такой же, как указано для эталона 1 разряда. В случае, если при повторной *аттестации*, *поверке*, калибровке по внешнему излучению (*потоку*) обнаруживается значительное изменение, не связанное с периодом полураспада, требуется повторное измерение однородности.

5.4.4 Радионуклиды

Эталон должен быть изготовлен из радионуклидов, излучающих альфа/бета-частицы и фотоны, которые могут потребоваться для *калибровки мониторов*.

6 Устройства сравнения (радиометрические установки)

6.1 Устройства сравнения для альфа-излучения и бета-излучения

Устройство сравнения для альфа-излучения и бета-излучения должно иметь эффективность более 35 % в диапазоне энергий, охватываемом настоящим

документом. Устройство должно быть такого размера, чтобы изменением пространственного отклика для источников с площадью измерения 100 мм × 150 мм можно было пренебречь. Рекомендуются тип эталонного прибора для сравнения альфа- и бета-излучателей — газопроточный безоконный пропорциональный счетчик с регулируемой подачей газа.

6.2 Устройства сравнения для фотонного излучения

Устройство сравнения должно иметь следующие характеристики:

- a) высокая эффективность регистрации;
- b) однородность отклика по всей поверхности;
- c) стабильность;
- d) низкий фоновый шум.

Для различных диапазонов энергии фотонного излучения используют различные устройства сравнения.

Пропорциональные счетчики большой площади с подходящим газовым наполнением подходят для измерения фотонных излучателей с низкой энергией. Сцинтилляционные детекторы, такие как NaI(Tl), подходят для излучателей фотонов с более высокой энергией.

6.3 Калибровка

Устройство сравнения должно калиброваться с помощью вторичных эталонов как первоначально, так и через регулярные промежутки времени в течение срока его службы в соответствии с нормативными требованиями, сводами правил или другими рекомендациями. Рекомендуется проводить повторную калибровку устройства сравнения не реже одного раза в год или, если реже, то калибровать его перед любым использованием в качестве устройства сравнения. Калибровка устройства сравнения должна быть обязанностью организации.

Приложение А

(справочное)

Особенности эталонов, испускающих электроны с энергией менее 0,15 МэВ и фотоны с энергией менее 1,5 МэВ

Радионуклиды, распадающиеся путем электронного захвата и изомерных переходов, могут испускать излучения разных типов, включая электроны внутренней конверсии, Оже-электроны, характеристическое рентгеновское излучение (например, от K, L, M... атомных оболочек), а также гамма-излучение. Для этих в основном низкоэнергетических и, следовательно, менее проникающих типов излучения, соотношение между интенсивностью излучения и активностью очень зависит от типа конструкции эталона (или характера загрязненной поверхности). Кроме того, спектры испускаемых электронов могут иметь значительные искажения из-за энергетических потерь. Это создает трудности, когда такие эталоны используются для переноса калибровок с одного детектора на другой, если детекторы имеют разные окна. Эти эффекты не стоит игнорировать.

Использование фильтров на эталонах, излучающих фотоны, приводит к угловой коллимации, при которой количество фотонов, испускаемых нормально к

поверхности, больше, чем количество фотонов, испускаемых под косыми углами. Таким образом, угловое распределение излучения эталона может отличаться от излучения загрязненной поверхности. По аналогичным причинам излучение с загрязненной поверхности может быть анизотропным.

Использование фильтров требуется, в частности, для удаления нежелательных излучений, таких как альфа-излучение, бета-излучение или излучение электронов. Следует отметить, что фильтр для ослабления излучения фотонов приводит к испусканию вторичных электронов. Такие электроны имеют низкую энергию и вероятность их вылета не велика, но этот эффект следует учитывать.

Эталоны, испускающие значительное количество электронов и фотонов, имеют следующие особенности, которые необходимо учитывать:

- a) определение внешнего излучения (*потока*) потребует измерения как электронного, так и фотонного излучения;
- b) внешнее излучение и спектр электронов с низкой энергией будет сильно зависеть от типа конструкции эталонов;
- c) если эталоны испускают оба типа излучения, но определяется только поток фотонов, то для данного нуклида калибровочный коэффициент, полученный для монитора загрязнения, реагирующего на оба типа излучения, потребует знания его отклика на фотонное и электронное излучение;
- d) если бы эталоны, указанные в пункте c), использовались для калибровки мониторов загрязнений с тонким входным окном для регистрации низкоэнергетических электронов, полученный калибровочный коэффициент имел бы сильную зависимость от спектра, обусловленного конструкцией эталона и от расстояния между загрязненной поверхностью и окном прибора.

Чтобы обеспечить согласованность между калибровками, которые в основном предназначены для фотонного излучения, предлагается ряд эталонов, которые испускают в основном фотонное излучение в ограниченных диапазонах энергий.

Хотя на рабочем месте регулярно используется множество нуклидов, количество нуклидов, которые могут быть использованы в качестве эталонов крайне ограничено, что обусловлено соображениями достаточно длительного периода полураспада, стоимости, доступности и возможности проведения калибровок, имеющих только одну бета-ветвь или моноэнергетический фотон. Рекомендуемые радионуклиды, испускающие фотоны, были выбраны в качестве эталонов, которые создают диапазон энергий фотонов, подходящий для калибровки приборов, наиболее часто используемых для измерения нуклидов, распадающихся путём электронного захвата и изомерного перехода (если требуется определить более точный отклик прибора на энергии, отличные от тех, что предусмотрены этими эталонами, можно использовать эталонное флуоресцентное рентгеновское излучение из ISO 4037 (все части)[15]). За исключением ^{55}Fe , все эталоны, излучающие фотоны, имеют фильтры, расположенные над активным материалом эталона. Для ^{55}Fe следует отметить, что испускаются низкоэнергетические Оже-электроны. Обычно они полностью поглощаются окном детектора. Если используются счетчики без окон, то при проведении измерений, проводимых с целью передачи размера единицы физической величины, следует принимать во внимание это корпускулярное излучение и его влияние.

Назначение фильтров состоит в устранении нежелательного излучения нуклидов и, таким образом, в обеспечении эталонов, которые излучают фотоны в ограниченных диапазонах. Исключенное излучение включает в себя следующее:

- ^{129}I бета-излучение и другие низкоэнергетические излучения;

²⁴¹Am альфа-излучение и характеристическое L-рентгеновское излучение;
⁵⁷Co характеристическое K-рентгеновское излучение, а также фотоны и электроны более низких энергий;
²³⁸Pu уменьшение относительной интенсивности характеристического L-рентгеновского излучения над K-краем поглощения циркония;
¹³⁷Cs бета-излучение, электроны и характеристическое K-рентгеновское излучение;
⁶⁰Co бета-излучение.

Если эталоны, указанные в настоящем документе, упоминаются в других документах, но используются без указанной фильтрации для определения отклика прибора на конкретный нуклид, то такие документы должны содержать явное указание на этот счет и включать подробные сведения о фактической фильтрации (если таковая имеется).

Поскольку ⁶⁰Co в большинстве случаев излучает два совпадающих фотона с угловой корреляцией, следует проявлять большую осторожность при переносе калибровок на другую геометрию или нуклиды.

В частности, для эталонов, испускающих фотоны, также необходимо учитывать, что окружение эталона может иметь значительное влияние на внешнее излучение. Например, интенсивность излучения увеличивается, если эталон помещается на любые материалы, которые могут генерировать обратное рассеяние.

Приложение ДА (справочное)

Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
	-	ISO 12749-2 Ядерная энергия, ядерные технологии и радиологическая защита. Словарь. Часть 2: Радиологическая защита
	-	IEC 60050-395 Международный электротехнический словарь. Часть 395: Ядерная измерительная аппаратура: Физические явления, основные положения, инструменты, системы, оборудование и детекторы
ГОСТ 8.033	-	-

**Приложение ДАБ
(справочное)**

Таблица ДАБ.1 Пункты (подпункты, абзацы, терминологические статьи), не включенные в основную часть настоящего стандарта

Структурный элемент примененного международного стандарта	Характеристика технических отклонений и причин их внесения
<p>п. 5.4.1. The detailed requirements specified for working measurement standards shall be the responsibility of the user. Such standards may often be manufactured in the laboratories and due recognition shall be given to any relevant national regulations. In specifying working measurement standards, the following points need to be considered.</p>	<p>Удалено из-за несоответствия требований к эталонам, регламентируемым Государственной поверочной схемой для средств измерений активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников (проект ГОСТ 8.033)</p>
<p>п. 6.3 Where beta-emitting radionuclides not available as Class 2 reference measurement standards are required as working measurement standards, traceability may be maintained by interpolation of the reference transfer instrument efficiency. However, for beta-emitters of maximum energy less than 0,5 MeV where the efficiency of gas-flow proportional detector changes steeply as a function of energy, interpolation could lead to large errors and every effort should be made to obtain suitable Class 1 or Class 2 reference measurement standards.</p>	<p>Удалено из-за несоответствия порядка передачи единиц величин требованиям Государственной поверочной схемой для средств измерений активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников (проект ГОСТ 8.033)</p>

Библиография

- [1] IAEA, Practical Radiation Technical Manual: Workplace monitoring for radiation and contamination, IAEA-PRTM-1 (Rev. 1), Vienna, 2004
- [2] ICRP Publication 60, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Ann. ICRP, 21, Nos 1-3, Elsevier, Amsterdam, 1990
- [3] ICRP Publication 103, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection — Ann. ICRP 37 (2-4). Elsevier, Amsterdam, 2007
- [4] National Physical Laboratory, Measurement Good Practice Guide No.14, The Examination, Testing & Calibration of Portable Radiation Protection Instruments, NPL, Measurement Good Practice Guide No.14

- [5] ISO 7503 (все части), Измерение радиоактивности. Измерение и оценка поверхностного загрязнения
- [6] IEC 60325, Измерительная аппаратура защиты от излучения. Измерительные приборы и измерители-сигнализаторы (мониторы) для определения альфа-, бета- и альфа/бета (энергия бета излучения > 60 кэВ) загрязненности
- [7] IEC 62363, Защита от радиационного излучения. Переносные счетчики и мониторы фотонного загрязнения
- [8] ISO/IEC Guide 98-3, Неопределенность измерения. Часть 3: Руководство по выражению неопределенности измерения (GUM:1995)
- [9] Comite international des poids et mesures, Mutual recognition of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology.
- [10] Nahle O., Kossert K. Appl. Radiat. Isot. 2012, 70 pp. 2018–2024
- [11] Janssen H., Klein R. Nucl. Instrum. Methods. 1994, A339 pp. 318–321
- [12] Janssen H., Klein R. Nucl. Instrum. Methods. 1996, A369 pp. 552–556
- [13] Burgess P.H., Iles W.J. Radiat. Prot. Dosimetry. 1983, 5 (2) pp. 125–130
- [14] DDEP, Decay Data Evaluation Project, <http://www.lnhb.fr/nuclear-data/nuclear-data-table/> (21/04/2019)
- [15] ISO 4037 (все части), Рентгеновские и гамма-излучения эталонные для калибрования дозиметров и интенсиметров и определения их характеристик как функции энергии фотона
- [16] ISO/IEC 17025, Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий

УДК 539.1.07	ОКС 17.240
Ключевые слова: источники радионуклидные, эталоны, поверка, калибровка, поверхностное загрязнение	

Руководитель организации – разработчика

Генеральный директор
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» _____ А.Н. Пронин

Руководитель разработки

Научный сотрудник
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» _____ Т.И. Шильникова

Исполнители

И.о. руководителя
научно-исследовательского отдела
измерений ионизирующих излучений
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» _____ Г.В. Жуков

Руководитель сектора
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» _____ С.М. Аршанский