УДК 539.1.074.2/.3.08 : 006.354 Группа Л95

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

ДЕТЕКТОРЫ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЕ

Методы измерений нелинейности и нестабильности установки для определения сцинтилляционных параметров детекторов

Ionizing-radiation scintillation detectors. Methods for measurement of non-linearity and instability of installation for determination of scintillation detector parameters

ГОСТ 17038.1—79*

Взамен ГОСТ 17038—71 в части разд. 1 пп. 1.1 и 1.2

ОКП 26 5100

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 27 апреля 1979 г. № 1592 срок введения установлен с 01.01.80

Проверен в 1984 г. Постановлением Госстандарта от 24.08.84 № 3007 срок действия продлен до 01.01.90

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на установки для определения сцинтилляционных параметров сцинтилляционных детекторов ионизирующих излучений (детекторов) и устанавливает два метода измерения нелинейности (метод 1 для установки, работающей в импульсном режиме, и метод 2 для установки, работающей в токовом режиме) и метод измерения нестабильности, а а также метод определения начальной точки характеристики преобразования установки, работающей в импульсном режиме (метод 1).

Стандарт применяется совместно с ГОСТ 17038.0—79.

1. ИЗМЕРЕНИЕ НЕЛИНЕЙНОСТИ УСТАНОВКИ, РАБОТАЮЩЕЙ В ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ (МЕТОД 1)

1.1. Зависимость амплитуды (V) импульса на выходе установки от сигнала $V_{вх}$ на входе установки (характеристику преобразования установки) определяют по формуле

$$V = a_1 V_{вх} + V_0, \qquad (1)$$

где a_1 — коэффициент преобразования установки;

V_0 — начальная точка характеристики преобразования установки.

Издание официальное Перепечатка воспрещена

★

* *Переиздание (февраль 1984 г.) с Изменением № 1, утвержденным в августе 1984 г. (ИУС № 12 - 84).*

gost.e-ecolog.ru

Если характеристика преобразования детектора линейна, то характеристика преобразования установки с детектором также линейна:

$$V = aE + V_{0,д}, \quad (2)$$

причем

$$V_{0,д} = V_0 + V_д = V_0 - a\varepsilon, \quad (3)$$

где E — энергия фотона;

a — коэффициент преобразования установки с детектором;

$V_{0,д}$ — начальная точка характеристики преобразования установки с детектором;

$V_д$ — начальная точка характеристики преобразования детектора;

ε — показатель непропорциональности детектора — начальная точка характеристики преобразования детектора в энергетических единицах.

1.2. Нелинейность (Δa), определяемую отклонением экспериментальных точек от характеристики преобразования, в процентах, вычисляют по формуле

$$\Delta a = \frac{a_{max} - a_{min}}{a_{max} + a_{min}} \cdot 100, \quad (4)$$

где a_{max} и a_{min} — максимальное и минимальное значения величины a.

1.3. Значение $V_{0,д}$ определяют как отсечку характеристики преобразования установки с детектором на оси ординат; значение V_0 находят из соотношения (3).

1.4. Нелинейность и начальную точку характеристики преобразования установки определяют с помощью стандартного образца светового выхода сцинтилляционных детекторов на основе монокристалла натрия йодистого, активированного таллием, при возбуждении гамма-излучением.

Для этого набирают спектры амплитуд импульсов, возникающих при поглощении сцинтиллятором гамма-излучения, используя моноэнергетическое излучение не менее пяти значений энергии и определяют амплитуды импульсов, соответствующие максимумам пиков полного поглощения. Используют гамма-излучение, энергия которого находится в интервале 48—240 фДж (300—1500 кэВ). Разность между максимальной и ближайшей к ней энергией излучения должна быть не менее 48 фДж (300 кэВ).

Примечание. Детектор гамма-излучения на основе монокристалла натрия йодистого, активированного таллием, является линейным преобразователем в области энергий 48—240 фДж (300—1500 кэВ).

1.5. Если установка будет использована для работы в области энергий гамма-излучения ниже 48 фДж (300 кэВ) или для работы с детекторами, световой выход которых более чем в два раза ниже светового выхода детекторов на основе монокристаллов нат-

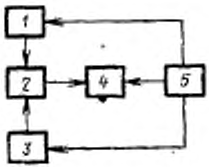
рия йодистого, активированных таллием, ее нестабильность и величину V_0 определяют по п. 1.4, помещая между стандартным образцом и фотокатодом ФЭУ поглотитель светового потока. Световой поток от стандартного образца ослабляют настолько, чтобы значение амплитуды импульса, соответствующей максимуму пика полного поглощения при возбуждении гамма-излучением цезия-137, отличалось не более чем на 20% от значения амплитуды импульса при возбуждении испытуемого детектора излучением, для регистрации которого он предназначен.

1.6. Значения нелинейности и V_0 измеряют на том коэффициенте усиления установки, на котором измеряют параметры детекторов.

1.7. Если другая периодичность не указана в НТД на конкретные типы детекторов, нелинейность и V_0 измеряют не реже одного раза в месяц, а также после замены ФЭУ или ремонта аппаратуры.

1.8. Аппаратура

1.8.1. Установку для определения сцинтилляционных параметров детекторов, работающую в импульсном режиме, собирают из элементов, удовлетворяющих требованиям ГОСТ 17038.0—79, черт. 1.



1—источник питания каскада согласования; *2*—блок детектирования с каскадом согласования; *3*—источник питания ФЭУ; *4*—амплитудный анализатор импульсов; *5*—стабилизатор напряжения питания

Черт. 1

1.8.2. **(Исключен, Изм. № 1).**

1.8.3. Стандартный образец светового выхода должен быть аттестован в установленном порядке по световому выходу и показателю непропорциональности.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

1.9. Подготовка и проведение измерений

1.9.1. Стандартный образец помещают на фотокатоде ФЭУ в оптическом контакте, если другой способ не указан в НТД на конкретные типы детекторов. Материалы, рекомендуемые для создания и устранения оптического контакта, приведены в рекомендуемом приложении 2. Допускается применение центрирующих оправок, изготовленных из диэлектрического материала.

1.9.2. Затемняют стандартный образец и ФЭУ и подают на ФЭУ напряжение питания.

1.9.3. Устанавливают источник гамма-излучения.

Допускается помещать источник внутрь корпуса. В этом случае операции по пп. 1.9.2 и 1.9.3 выполняются в обратном порядке.

1.9.4. Набирают спектр амплитуд импульсов, определяя значение (в каналах) амплитуды V_i импульсов, соответствующее максимуму пика полного поглощения.

Измерения повторяют три раза и вычисляют среднее значение $\overline{V}_i$ результатов трех измерений.

1.9.5. Измерения по пп. 1.9.3 и 1.9.4 повторяют с остальными источниками излучения, определяя средние значения амплитуд $\overline{V}_i$ импульсов для каждого значения энергии E_i.

Измерения проводят при неизменном коэффициенте усиления.

Примечание. Допускается набор спектра амплитуд импульсов при возбуждении детектора гамма-излучением одновременно от всех используемых источников.

1.10. Обработка результатов

1.10.1. По таблице справочного приложения 3 находят энергию моноэнергетического гамма-излучения.

1.10.2. Значения коэффициентов (a_i) преобразования установки с детектором в каждом энергетическом интервале вычисляют по формуле

$$a_i = \frac{\overline{V}_{max} - \overline{V}_i}{E_{max} - E_i}, \qquad (5)$$

где E_{max} — максимальная энергия используемого гамма-излучения, фДж (кэВ);

$\overline{V}_{max}$ — соответствующая ей амплитуда импульсов, вольт (канал).

1.10.3. Из совокупности значений a_i выбирают максимальное a_{max} и минимальное a_{min} значения.

1.10.4. По формуле (4) вычисляют значение, в процентах, нелинейности установки.

Результат округляют до одной значащей цифры. Округление проводят по СТ СЭВ 543—77.

1.10.5. Среднее значение ($\overline{a}$) коэффициента преобразования вычисляют по формуле

$$\overline{a} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} a_i, \qquad (6)$$

где n — число использованных значений энергии.

1.10.4, 1.10.5. **(Измененная редакция, Изм. № 1).**

1.10.6. Значение, в каналах, начальной точки характеристики преобразования установки с детектором ($V_{0,д}$) вычисляют по формуле

$$V_{0,д}=\frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n}\overline{V}_i-\overline{a}\sum_{i=1}^{n}E_i\right). \qquad (7)$$

1.10.7. Значение, в каналах, начальной точки характеристики преобразования установки (V_0) вычисляют по формуле

$$V_0=V_{0,д}+\overline{a}e. \qquad (8)$$

Результат округляют до целых значений. Округление проводят по СТ СЭВ 543—77.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

1.10.8. Суммарная абсолютная погрешность измерения нелинейности установки не должна превышать 3% при доверительной вероятности 0,95.

1.10.9. Суммарная абсолютная погрешность измерения начальной точки характеристики преобразования установки не должна превышать двух каналов при доверительной вероятности 0,95.

2. ИЗМЕРЕНИЕ НЕЛИНЕЙНОСТИ УСТАНОВКИ, РАБОТАЮЩЕЙ В ТОКОВОМ РЕЖИМЕ (МЕТОД 2)

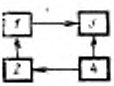
2.1. Нелинейность (Δa) определяют измерением коэффициента a' ослабления светового потока от детектора при устранении оптического контакта между выходным окном детектора и фотокатодом в заданном интервале значений напряжения питания ФЭУ. Ее значение, в процентах, вычисляют по формуле

$$\Delta a=\frac{a'_{max}-a'_{min}}{a'_{max}+a'_{min}}\cdot 100, \qquad (9)$$

где a'_{max} и a'_{min} — максимальное и минимальное значения коэффициента a'.

Примечание. В случаях, оговоренных НТД на конкретные типы детекторов, допускается определять нелинейность измерением отношения двух сигналов на выходе установки в заданном интервале значений напряжения питания ФЭУ.

2.2. Нелинейность установки определяют с помощью стандартного образца светового выхода сцинтилляционных детекторов на основе того же сцинтиллятора и при возбуждении ионизирующим излучением того же вида, что и испытуемые детекторы.



1—блок детектирования; *2*—источник питания ФЭУ; *3*—прибор для измерения тока; *4*—стабилизатор напряжения питания

Черт. 2

2.3. Если другая периодичность не указана в НТД на конкретные типы детекторов, нелинейность измеряют не реже одного раза в месяц, а также после замены ФЭУ или ремонта аппаратуры.

2.4. Аппаратура

2.4.1. Установку для определения сцинтилляционных параметров детекторов, работающую в токовом режиме, собирают из элементов, удовлетворяющих требованиям ГОСТ 17038.0—79, черт. 2.

2.4.2. Средства измерений, вспомогательные устройства и источники ионизирующего излучения приведены в рекомендуемом приложении 1.

Вид источника ионизирующего излучения устанавливается НТД на конкретные типы детекторов.

2.4.3. Стандартный образец светового выхода, аттестованный в установленном порядке по световому выходу.

2.5. Подготовка и проведение измерений

2.5.1. Стандартный образец помещают на фотокатоде ФЭУ. Между выходным окном стандартного образца и фотокатодом помещают экран из светонепроницаемой бумаги. Диаметр экрана равен диаметру фотокатода.

2.5.2. Затемняют стандартный образец и ФЭУ и подают на ФЭУ напряжение питания. Значение напряжения питания устанавливают на 10% выше, чем значение рабочего напряжения U питания ФЭУ.

2.5.3. Устанавливают источник ионизирующего излучения.

Допускается помещать источник внутрь корпуса. В этом случае операции по пп. 2.5.2 и 2.5.3 выполняются в обратном порядке.

2.5.4. Измеряют анодный ток ФЭУ $I_{ф,1}$ (фоновый ток).

2.5.5. Стандартный образец помещают на фотокатоде ФЭУ в оптическом контакте. Материалы, необходимые для создания и устранения оптического контакта, приведены в рекомендуемом приложении 2.

2.5.6. Затемняют стандартный образец и ФЭУ и подают на ФЭУ то же напряжение питания, что при измерении фонового тока.

2.5.7. Устанавливают источник ионизирующего излучения в той же геометрии, что при измерении фонового тока.

2.5.8. Измеряют анодный ток ФЭУ $I_{ок,1}$.

Его значение не должно превышать 0,7 от предельно допустимого для ФЭУ используемого типа. В противном случае увеличивают расстояние между источником и стандартным образцом (при измерениях гамма-излучения) или используют источник меньшей активности (при измерениях бета-, альфа- и гамма-излучения) и все измерения по пп. 2.5.1—2.5.8 проводят на новом расстоянии от источника облучения или с новым источником.

2.5.9. Устраняют оптический контакт, помещают стандартный образец на фотокатоде ФЭУ без оптического контакта, затемняют стандартный образец и ФЭУ, подают на ФЭУ то же напряжение питания, что и при измерении $I_{ф,1}$ и $I_{ок,1}$, и устанавливают источник ионизирующего излучения.

Примечание. Особое внимание обращают на сохранение геометрии облучения неизменной.

2.5.10. Измеряют анодный ток ФЭУ $I_{бок,1}$.

2.5.11. Измерения по пп. 2.5.1—2.5.10 повторяют при различных напряжениях питания ФЭУ, значения которых устанавливают в пределах от $1{,}1U$ до $0{,}8U$ с интервалом $0{,}1U$.

Для каждого значения напряжения питания ФЭУ определяют $I_{ф,i}$; $I_{ок,i}$; $I_{бок,i}$.

2.6. Обработка результатов

2.6.1. Значения коэффициентов (a'_i) ослабления светового потока от детектора вследствие устранения оптического контакта для каждого значения напряжения питания ФЭУ вычисляют по формуле

$$a'_i = \frac{I_{ок_i} - I_{ф_i}}{I_{бок_i} - I_{ф_i}} . \qquad (10)$$

2.6.2. Из набора значений a'_i выбирают максимальное a'_{max} и минимальное a'_{min} значения.

2.6.3. По формуле (9) вычисляют значение, в процентах, нелинейности установки.

Результат округляют до одной значащей цифры. Округление проводят по СТ СЭВ 543—77.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

2.6.4. Суммарная абсолютная погрешность измерения нелинейности установки не превышает 3% при доверительной вероятности 0,95.

3. ИЗМЕРЕНИЕ НЕСТАБИЛЬНОСТИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТЕКТОРОВ

3.1. Нестабильность установки находят по изменению во времени параметра, для определения которого она предназначена, или промежуточного параметра, измеряемого для последующего вычисления основного.

Нестабильность установки, работающей в импульсном режиме и предназначенной для измерения светового выхода детекторов, определяют по изменению во времени амплитуды импульсов.

Нестабильность установки, работающей в импульсном режиме и предназначенной для измерения собственного и приведенного разрешения детекторов, определяют по изменению во времени ам-

плитуды импульсов и амплитудного разрешения блока детектирования.

3.2. Нестабильность установки определяют с помощью стандартного образца светового выхода сцинтилляционных детекторов на основе того же сцинтиллятора и при возбуждении ионизирующим излучением того же типа, что и испытуемые детекторы.

3.3. Нестабильность установки измеряют ежедневно.

3.4. Аппаратура — по пп. 1.8 и 2.4.

3.5. Подготовка и проведение измерений — по пп. 1.9.1—1.9.4, 2.5.5—2.5.8 или 2.5.9, 2.5.10. Измерения проводят три раза в начале работы и три раза в конце работы. При этом интервал времени между сериями измерений не должен превышать 7 ч.

3.6. Обработка результатов

3.6.1. Значение нестабильности (δ_y), в процентах, вычисляют по формуле

$$\delta_y = \frac{\overline{y_1} - \overline{y_2}}{\overline{y_1} + \overline{y_2}} \cdot 100, \qquad (11)$$

где $\overline{y_1}$ и $\overline{y_2}$ — средние значения измеряемого параметра результатов трех измерений в начале и в конце работы.

Результат округляют до одной значащей цифры. Округление проводят по СТ СЭВ 543—77.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

3.6.2. Суммарная абсолютная погрешность измерения нестабильности по анодному току или амплитуде импульса не должна превышать 2% при доверительной вероятности 0,95.

3.6.3. Суммарная абсолютная погрешность измерения нестабильности по амплитудному разрешению не должна превышать 3% при доверительной вероятности 0,95.

Приложение 1 рекомендуемое. **(Исключено, Изм. № 1).**

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Рекомендуемое

МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТЕКТОРОВ

Спирт этиловый по ГОСТ 17299—78 и ГОСТ 11547—80.
Вазелиновое масло по ГОСТ 3164—78.
Вата по ГОСТ 5556—81.
Марля по ГОСТ 9412—77.
Светонепроницаемая бумага по ГОСТ 4665—62.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Справочное

Характеристики основных радионуклидов, применяемых для измерения сцинтилляционных параметров детекторов

Радионуклид	Период полураспада	Энергия, ФДж (кэВ)	Край комптоновского распределения, ФДж (кэВ)
		Источники гамма-излучения	
^{60}Co	5,27 года	213,2 (1332,5)	178,9 (1118,0)
		187,7 (1173,2)	154,1 (963,4)
^{65}Zn	245 дней	178,5 (1115,6)	145,2 (907,6)
^{22}Na	2,6 года	203,9 (1274,6)	169,9 (1061,6)
		81,8 (511,0)	54,5 (340,6)
^{54}Mn	313 дней	133,6 (834,9)	102,2 (639,1)
^{137}Cs	30 лет	105,9 (661,7)	76,4 (477,3)
^{113}Sn	115 дней	62,7 (391,7)	37,9 (237,0)
^{139}Ce	137 дней	26,5 (165,9)	10,4 (65,2)
^{57}Co	272 дня	19,5 (122,1)	6,3 (39,0)
^{241}Am	433 года	9,6 (59,5)	1,8 (11,2)
		4,2 (26,3)	—
^{109}Cd	416 дней	3,6 (22,6)	—
^{55}Fe	2,6 года	0,95 (5,95)	—
		Источники бета-излучения	
^{137}Cs	30 лет	99,9 (624,2)	—
^{90}Sr+^{90}Y	28,5 года	**Немоноэнергетическое излучение**	—
		Источники альфа-излучения	
^{241}Am	433 года	877,6 (5484)	—
^{239}Pu	24400 лет	826,4 (5156)	—

(Измененная редакция, Изм. № 1).

Изменение № 2 ГОСТ 17038.1—79 Детекторы ионизирующих излучений сцинтилляционные. Методы измерений нелинейности и нестабильности установки для определения сцинтилляционных параметров детекторов

Утверждено и введено в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 25.09.89 № 2872

Дата введения 01.04.90

Приложение 2. Исключить слова: «и ГОСТ 11547—80».

(ИУС № 1 1990 г.)

gost.e-ecolog.ru