ГОСТ 22751—77

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГЕНЕРАТОРЫ НЕЙТРОНОВ

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПОТОКА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ

Издание официальное

БЗ 7—99

ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 539.172.84.07 : 539.12.08 : 006.354 Группа Ф19

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГЕНЕРАТОРЫ НЕЙТРОНОВ

Метод измерения потока быстрых нейтронов

ГОСТ 22751—77*

Neutron generators.
Methods of fast neutron flux measurement

ОКП 69 4721

Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 27 октября 1977 г. № 2516 срок введения установлен

с 01.01.79

Настоящий стандарт распространяется на генераторы нейтронов и ускорительные трубки генераторов нейтронов, реализующие ядерную реакцию $T(d, n)^4He$, и устанавливают методы измерения потока быстрых нейтронов изделий по ГОСТ 21171 для оценки технического уровня и качества.

Метод определения среднего потока быстрых нейтронов основан на измерении средней плотности потока нейтронов в месте размещения активационного детектора нейтронов и расчете потока нейтронов, исходя из известной эффективной площади излучающей поверхности мишени и телесного угла в системе мишень — детектор.

Термины, используемые в настоящем стандарте, — по РМГ 29, ГОСТ 21171 и ГОСТ 15484.

(Измененная редакция, Изм. № 2).

1. АППАРАТУРА И МАТЕРИАЛЫ

Активационные детекторы должны изготовляться в виде плоских дисков из алюминия марки А999 по ГОСТ 11069 и меди марки М00 по ГОСТ 859. Применяемые материалы должны соответствовать требованиям ГОСТ 8.315. Диаметр активационного детектора не должен быть более 30 мм и толщиной более 1 мм.

Радиометрические приборы (радиометры) типов РИБ, РПБ, РКБ по ГОСТ 27451, аттестованные в установленном порядке и применяемые для измерения наведенной активности детекторов по бета-излучению ^{62}Cu и ^{24}Na.

(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).

2. ПОДГОТОВКА К ИЗМЕРЕНИЮ

2.1. По истечении времени установления рабочего режима радиометров определяют нормированные метрологические характеристики.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

2.2. Для измерения средней плотности потока нейтронов используют активационные детекторы быстрых нейтронов из алюминия и меди. Детекторы из алюминия применяют для определения и сравнения среднего потока и пространственного распределения быстрых нейтронов от одного или нескольких генераторов нейтронов и ускорительных трубок генераторов нейтронов.

Издание официальное ★ **Перепечатка воспрещена**

© Издательство стандартов, 1978
© ИПК Издательство стандартов, 2001

Для оперативного периодического контроля потока в процессе разработки, эксплуатации генераторов нейтронов и ускорительных трубок генераторов нейтронов применяют детекторы из меди. Детекторы устанавливают в фиксированных положениях относительно мишени ускорительной трубки генератора нейтронов, облучают потоком быстрых нейтронов, далее измеряют значение наведенной активности по бета-излучению радионуклида, образующегося в результате ядерной реакции ^{27}Al (n, α), ^{24}Na, ^{63}Cu (n, $2n$), ^{62}Cu, и путем перерасчета определяют среднюю плотность потока быстрых нейтронов.

Основные константы детекторов из алюминия и меди, используемые при измерениях средней плотности потока и среднего потока быстрых нейтронов, приведены в приложении 1.

2.3. Измерение активности по бета-излучению детектора выполняют на приборе — компараторе путем сравнения с активностью источника или на аттестованном отсчетном устройстве с известным коэффициентом связи скорости счета импульсов при регистрации бета-излучения с активностью детектора.

3. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

3.1. Определяют значение массы m и габаритные размеры активационного детектора (диаметр d и толщину a).

Исходя из данных: габариты детектора, спектр бета-излучения радионуклида ^{62}Cu, ^{24}Na, линейный коэффициент ослабления бета-излучения μ и телесного угла Ω, определяют коэффициент K, учитывающий самопоглощение бета-излучения материалом детектора.

Проводят проверку градуировочного коэффициента ε радиометра путем регистрации бета-излучения источника и сравнения его с паспортными данными на радиометр (см. приложение 2). Если разность измеренного и паспортизованного значений градуировочного коэффициента лежит в доверительных границах паспортного значения ε, определяемых средним квадратическим отклонением результата измерения, то процедуру измерения следует продолжить. Если разность измеренного и паспортизованного значений градуировочного коэффициента не лежит в доверительных границах паспортного значения ε, радиометр подлежит переаттестации в установленном порядке. Коэффициент K и градуировочный коэффициент ε вычисляют по формулам, указанным в приложении 2.

3.2. Определяют радиационный фон, измеряя число импульсов фона за интервал времени измерения $t_ф$.

Устанавливают один или несколько активационных детекторов вблизи мишени генератора нейтронов на позицию облучения под углом 0° относительно направления пучка ионов, причем детекторы из меди устанавливают в кадмиевых фильтрах. Измеряют расстояние от излучающей поверхности мишени до активационного детектора и определяют его положение в пространстве относительно мишени. Измеряют параметры, характеризующие эффективный радиус излучающей поверхности мишени с учетом ее геометрической формы, и рассчитывают геометрический параметр α.

Исходя из данных по конструкции генератора нейтронов, элементы которого расположены между мишенью и детектором, рассчитывают коэффициент P, учитывающий выведение нейтронов из диапазона энергий, регистрируемых детектором за счет процессов взаимодействия на конструкционных материалах генератора нейтронов. Геометрический параметр α и коэффициент P вычисляют по формулам, указанным в приложении 3.

Облучают детектор в течение установленного интервала времени t_0. Время облучения детектора из алюминия не должно быть более 3 ч, а детектора из меди — более 10 мин.

По окончании облучения активационный детектор извлекают с позиции облучения и выдерживают в течение интервала времени t_3, обеспечивающего снижение уровня помех от активности, образованной в побочных ядерных реакциях. Время выдержки детекторов из алюминия не должно быть менее 3 ч, а детекторов из меди — более 5 мин.

По истечении времени выдержки активационный детектор устанавливают в радиометр для регистрации бета-излучения, измеряют суммарное число импульсов от детектора и фона ($N_Θ + N_ф$) за установленный интервал времени $t_и$. Время измерения для детекторов из алюминия не должно быть более 3 ч, а детекторов из меди — более 10 мин.

3.1, 3.2. **(Измененная редакция, Изм. № 1).**

4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

4.1. Среднюю плотность потока быстрых нейтронов в месте расположения активационного детектора (f) в нейтр./(м^2 · с) вычисляют по формуле

$$f = \frac{A\,\lambda\,[(N_\Theta + N_\Phi) - N_\Phi]}{mN_0\gamma\,\nu\sigma\,K\,\varepsilon\,\Omega\,[1 - e^{-\lambda t_0}]e^{-\lambda t_3}\,[1 - e^{-\lambda t_u}]},$$

где

A — массовое число материалов детектора, а. е. м.;

m — масса активационного детектора, г;

K — коэффициент, учитывающий самопоглощение бета-излучения материалом детектора;

N_0 — число Авогадро, моль$^{-1}$;

γ — содержание облучаемого нуклида в детекторе;

ν — интенсивность бета-излучения, образовавшегося нуклида;

ε — градуировочный коэффициент радиометра;

t_0 — интервал времени облучения детектора, с;

t_3 — интервал времени выдержки детектора, с;

t_u — интервал времени измерения, с;

λ — постоянная радиоактивного распада нуклида, с$^{-1}$;

σ — сечение активации, см^2;

$(N_\Theta + N_\Phi)$ — суммарное число импульсов, зарегистрированных от детектора и фона за интервал времени измерения t_u;

N_Φ — число импульсов фона, зарегистрированное радиометром за интервал времени t_u;

Ω — относительный телесный угол при регистрации бета-излучения детектора;

e — основание натурального логарифма.

Плотность потока нейтронов с учетом просчетов радиометра определяют в приложении 4.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

4.2. Средний поток быстрых нейтронов (F) в нейтр./с вычисляют по формуле

$$F = f\alpha P,$$

где

f — средняя плотность потока нейтронов, нейтр./ (м^2 · с);

α — геометрический параметр, м^2;

P — коэффициент, учитывающий выведение нейтронов из диапазона энергий, регистрируемых детектором.

4.3. Среднее квадратическое отклонение результата измерения среднего потока быстрых нейтронов (σ_f) вычисляют по формуле

$$\sigma_F = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \sigma_i^2},$$

где

σ_i — среднее квадратическое отклонение результата измерения потока быстрых нейтронов по i-ому параметру.

Расчетные соотношения для определения погрешности измерения средней плотности потока и среднего потока быстрых нейтронов даны в приложении 5.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Рекомендуемое

ОСНОВНЫЕ КОНСТАНТЫ ДЕТЕКТОРОВ ИЗ АЛЮМИНИЯ И МЕДИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ СРЕДНЕГО ПОТОКА И СРЕДНЕЙ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ

Таблица 1

Ядерно-физические константы нуклида ^{27}Al

Наименование константы	Обозначение константы	Значение константы	Примечание
Содержание детектирующего нуклида, %	γ	99,999	По сведениям из паспорта на материал детектора
Число Авогадро, моль$^{-1}$	N_0	$6.022045\,(31)\cdot 10^{23}$	Рекомендовано СОДАТА
Массовое число, а. е. м.	A	26,9815403(7)	По сведениям ЦАЯД ГКАЭ СССР, январь 1988 г.

Таблица 2

Ядерно-физические константы продуктов ядерных реакций на нуклиде ^{27}Al

Наименование константы	Обозначение константы	Основная реакция	Побочные реакции			Примечание
Тип реакции	—	(n,α)	(n,p)	(n,γ)	$(n,2n)$	—
Сечение реакции, см^2	σ	$0{,}1247\cdot 10-24$	$0{,}0777\cdot 10^{-24}$	$0{,}500\cdot 10^{-24}$	$0{,}020\cdot 10^{-24}$	$E = 14$ МэВ
Продукт реакции	—	^{24}Na	^{27}Mg	^{28}Al	^{26}Al	—
Период полураспада	$T_{1/2}$	15,020 (7) ч	9,462 (11) мин	2,240 (1) мин	$7{,}2\,(3)\cdot 10^5$ г	По сведениям ЦАЯД ГКАЭ СССР, январь 1988 г.
Линейный коэффициент ослабления β-излучения, см$^{-1}$	μ	21,30	15,4	9,7	26,7	—
Максимальная энергия в спектре, кэВ; интенсивность (частиц или квантов), 100 распадов	E_β	4144,6(8); 0,003 1390,4(6); 99,944(4); 1274,8 (6); 0,0005 277,1(6) 0,053(4)	1766,8(10) 71,0(4) 1596,1(10) 29,0(4)	2862,9(3) 99,99(1)	2195,37(16) 95,63(20) 1065,69(19)	По сведениям ЦАЯД ГКАЭ СССР, январь 1988 г.
	E_γ	997,7(4); 0,0010(1) 1368,55(4): 100 2754,05(8) 99,944(4) 2869.6(2) 0,0010 (№ 1) 3867,2(4); 0,052(4)	170,686(15) 0,8(1) 843,76(3) 71,8(4) 1014,44(4) 28,0(4)	1778,85(3)	1129,65(13) 2,4(2) 1808,61(6) 99,73(8) 2938,18(11) 0,27(3)	

Таблица 3

Ядерно-физические константы нуклидов ^{63}Cu и ^{65}Cu

Наименование константы	Обозначение константы	Значение константы		Примечание
		^{63}Cu	^{65}Cu	
Содержание детектирующего нуклида, %	γ	69,090	30,910	По сведениям паспорта на материал детектора
Число Авогадро, моль$^{-1}$	N_0	$6,022045(31) \cdot 10^{23}$		Рекомендовано СОДАТА
Массовое число, а. е. м.	A	62,929565(13)	64,9277898(18)	По сведениям ЦАЯД ГКАЭ СССР, январь 1988 г.

Таблица 4

Ядерно-физические константы продуктов ядерных реакций на нуклиде ^{63}Cu

Наименование константы	Обозначение константы	Основная реакция	Побочные реакции				Примечание
Тип реакции	—	$(n,2n)$	(n,α)	(n,n',α)	(n,p)	(n,ν)	—
Сечение реакции, см^2	σ	$0,450 \cdot 10—24$	$0,002738 \times \times 10^{-24}$	—	—	—	—
Продукт реакции	—	^{62}Cu	^{60}Co	^{61}Co	^{63}Ni	^{64}Cu	—
Период полураспада	$T_{1/2}$	9,74 (2) мин	5,2704(13) г	1,65 ч	101,1(20) г	12,701(2) ч	По сведениям ЦАЯД ГКАЭ СССР, январь 1988 г.
Линейный коэффициент ослабления β-излучения, см$^{-1}$	μ	48,950(50)	—	—	—	—	—
Максимальная энергия в спектре, кэВ; интенсивность (частиц или квантов), 100 распадов	E_β	292,7(5); 97,20(2) 1754(5); 0,135(9) 878(5); 0,077(5) 625(5); 0,018(1)	1491,11(11) 0,057(20) 317,86(12) 99,925(20) 664,86(14) 0,0022	12552(9) 9566(4) 413,4(10) 4,4(4)	65,87(15); 100	6529 (25) 17,90(18) 578,0(14) 37,1(4)	По сведениям ЦАЯД ГКАЭ СССР, январь 1988 г.
	E_γ	479,6; 0,00044 855,6; 0,00037 875,71(7); 0,147(7) 1067,0(10)	346,93 (7) 0,0076(5) 826,28(9) 0,0076(8)	67,415(10) 85 841,7(5) 0,8(6)		1345,77(6) 0,48(4)	

Продолжение табл. 4

Наименование константы	Обозначение константы	Основная реакция	Побочные реакции				Примечание
Максимальная энергия в спектре, кэВ; интенсивность (частиц или квантов), 100 распадов	E_γ	0,0006(3) 1128,98(10) 0,0318(17) 1173,02(10); 0,335 1717,6(4) 0,0026(4) 1985,0(10) 0,0010(3) 2084,6(4) 0,0050(10) 2097,6(3) 0,0029(4) 2301,96(8) 0,0406(20) 3158,2(10) 0,00061(13) 3257,3(10) 0,00013(6) 3271,4(4) 0,00070(10) 3369,9(3) 0,0078(5) 3861,7(11) 0,00027(7)	1173,237(4) 99,90(2) 2158,77(9) 0,0011(18) 2505 0,000002(4)	90962(5) 3,6(12)		—	По сведениям ЦАЯД ГКАЭ СССР, январь 1988 г.

Таблица 5

Ядерно-физические константы продуктов ядерных реакций на нуклиде ^{65}Cu

Наименование константы	Обозначение константы	Основная реакция	Побочные реакции			Примечание
Тип реакции	—	$(n,2n)$	(n,α)	(n,p)	(n,γ)	—
Сечение реакции, см^2	σ	0,9032 · 10—24	0,020 · 10^{-24}	0,022 · 10^{-24}	1,800 · 10^{-24}	—
Продукт реакции	—	^{64}Cu	^{62}Co	^{65}Ni	^{66}Cu	—
Период полураспада	$T_{1/2}$	12,701(2) ч	1,50(4) мин	2,520(2) ч	5,10(2) мин	По сведениям ЦАЯД ГКАЭ СССР, январь 1988 г.
Максимальная энергия в спектре, кэВ; интенсивность (частиц или квантов), 100 распадов	E_β	652,9(1) 17,90(18) 578,0(14) 37,1(4)	5322(19), 0,5 4149(19),68,2(16) 3020(20), 25,8(14) 2263(19), 0,4(3) 2164(19), 2,4(7) 2066(19), 0,30(20) 2052(19), 1,20(20) 1952(19), 0,30(20) 1803(19), 1,4(3) 1259(19), 0,30(10)	2136,2(11) 6,568(7) 1020,6(11) 6,08(3) 654,4(11) 4,912(10) 512,8(11) 6,062(22) 412,2(11) 5,918(17)	2642,2(17) 92,6(18) 1603,0(17) 7,2(18) 770,0(2) 0,17(6) 270,0(2) 0,0027(8)	По сведениям ЦАЯД ГКАЭ СССР, январь 1988 г.

Продолжение табл. 5

Наименование константы	Обозначение константы	Основная реакция	Побочные реакции			Примечание
Максимальная энергия в спектре, кэВ; интенсивность (частиц или квантов), 100 распадов	E_γ	1345,77(6) 0,48(8)	1128,9(2); 11,1(13) 1172,9(2); 83,8 1886(12); 0.4(3) 1985,1(5); 1,6(6) 2083(1); 0,3(2) 2097(1); 0,9 (2) 2301,8, 14,7(5) 2345,9(8); 1,3(3) 3158(1); 0,8(2) 3271 (2); 0,3 3369,5(15); 0,3(2) 3519(3); 0,08(4) 4063,1 (10), 0,3(1) 3	366,27(3) 4,6(2) 507,9(1) 0,28(2) 609,5(1) 770,6(2) 0,14(1) 852,7(2) 0,08(1) 954,5(3) 0.07(1) 1115,53(4) 0,009(1) 1481,84(5) 1623,42(6) 14,8(5) 1724,92(6) 23,5 0,47(2) 0,39(2)	833,0(10) 0,170(4) 1039,2(2) 7,4 1332,5(15) 0,002(4)	По сведениям ЦАЯД ГКАЭ СССР, январь 1988 г.

(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Рекомендуемое

ПРОВЕРКА ГРАДУИРОВОЧНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ε РАДИОМЕТРА

1. Калибровка и проверка радиометров с использованием образцовых источников бета-излучения $^{90}Sr + ^{90}Y$ и ^{24}Na третьего разряда.

1.1. Порядок подготовки радиометра к проведению измерений должен соответствовать эксплуатационной документации на соответствующий радиометр.

1, 1.1. **(Измененная редакция, Изм. № 1).**

1.2. Определяют радиационный фон, измеряя число импульсов фона $N_ф$ за установленный интервал измерения t.

1.3. Устанавливают источник бета-излучения на позицию измерения и определяют суммарное число импульсов от источника бета-излучения фона $(N_и + N_ф)$ за установленный интервал измерения t.

1.4. Исходя из паспортных данных на радиометр о значениях мертвого времени τ и телесного угла $\Omega_и$ и измеренном числе импульсов фона, а также суммарном числе импульсов фона и источника за установленный интервал времени, вычисляют градуировочный коэффициент (ε) радиометра по формуле

$$\varepsilon = \frac{1}{A_и e^{-\lambda_и t_1} \Omega_и} \left[\frac{(N_и + N_ф)}{t - (N_и + N_ф)\tau} - \frac{N_ф}{t - N_ф \tau} \right],$$

где $A_и$ — число бета-частиц, излучаемое источником в единицу времени в телесный угол 2 π, $с^{-1}$;

t_1 — интервал времени от момента паспортизации источника бета-излучения до измерения эффективности, с;

$\lambda_и$ — постоянная радиоактивного распада источника, $с^{-1}$;

$\Omega_и$ — относительный телесный угол при регистрации бета-частиц источника;

t — установленный интервал времени измерения, с;

τ — мертвое время радиометра, с;

$N_ф$ — число импульсов фона, зарегистрированных радиометром за интервал времени измерения t;

$(N_и + N_ф)$ — суммарное число импульсов от фона и источника бета-излучения за интервал времени измерения t.

2. Калибровка радиометров с использованием источника с известной плотностью потока быстрых нейтронов и активационного детектора из алюминия.

1.4, 2. **(Измененная редакция, Изм. № 1).**

2.1. Устанавливают активационный детектор из алюминия на позицию облучения в зону с известной плотностью потока быстрых нейтронов и облучают детектор в течение установленного интервала времени t_0. Время облучения не должно превышать пятой части периода полураспада ^{24}Na.

2.2. По окончании облучения активационный детектор из алюминия извлекают с позиции облучения и выдерживают в течение интервала времени t_3, обеспечивающего снижение уровня помех от активности, образованной в побочных ядерных реакциях. Время выдержки не должно быть менее периода полураспада ^{24}Na.

2.3. Определяют радиационный фон, измеряя число импульсов фона N_Φ за интервал времени $t_и$.

2.4. По истечении времени выдержки активационный детектор из алюминия устанавливают на позицию измерения наведенного бета-излучения и определяют суммарное число импульсов от детектора и фона (N_Θ + $+N_\Phi$) за интервал времени $t_и$. Время измерения не должно быть более половины периода полураспада ^{24}Na.

2.5. Градуировочный коэффициент регистрации бета-излучения ^{24}Na для радиометра (ε) вычисляют по формуле

$$\varepsilon = \frac{A\,(1 - e^{-\lambda\beta})\,t_и}{\sigma\, fm\, N_0\, \gamma\, \nu\, \Omega\, K[1 - e^{-\lambda t_0}]\, e^{-\lambda t_3}[e^{-\lambda\beta} - e^{-\lambda t_и}]\tau[t_и - N_\Phi\tau]}$$

при

$$\beta = \frac{t_и\tau[(N_\Theta + N_\Phi) - N_\Phi]}{[t_и - N_\Phi\tau]}$$ и

$$K = \frac{1 - e^{-\mu a}}{\mu a},$$

где A — массовое число материала детектора, а. е. м.;

μ — линейный коэффициент ослабления бета-излучения в материале детектора, см$^{-1}$, E_β = 1390,8 кэВ;

m — масса активационного детектора, г;

a — толщина активационного детектора, м;

f — плотность потока быстрых нейтронов, нейтр./м^2 · с;

λ — постоянная радиоактивного распада нуклида, с$^{-1}$;

σ — сечение активации, м^2;

N_0 — число Авогадро, моль$^{-1}$;

γ — содержание облучаемого нуклида в детекторе;

ν — интенсивность бета-излучения образовавшегося радионуклида;

Ω — относительный телесный угол при регистрации бета-излучения детектора;

K — коэффициент самопоглощения β-излучения;

t_0 — интервал времени облучения детектора, с;

t_3 — интервал времени выдержки детектора, с;

$t_и$ — интервал времени измерения фона, а также активности детектора и фона, с;

τ — мертвое время радиометра, с;

N_Φ — число импульсов фона, зарегистрированных радиометром за интервал времени измерения $t_и$;

$(N_\Theta + N_\Phi)$ — суммарное число импульсов от фона и детектора за интервал времени измерения $t_и$.

2.6. Определение и сравнение эффективности регистрации бета-излучения ^{24}Na одним или несколькими радиометрами должны осуществляться путем последовательных измерений наведенной активности детектора из алюминия, однократно облученного в поле быстрых нейтронов с известной плотностью потока.

2.5, 2.6. **(Измененная редакция, Изм. № 1).**

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Рекомендуемое

ЗНАЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА α ДЛЯ МИШЕНЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ

Форма мишени	Площадь излучающей поверхности и обозначение	Параметр α	Условие
Плоский диск	πr^2 r — радиус излучающей поверхности	$\frac{2\pi r^2}{1-\frac{H}{\sqrt{r^2+H^2}}}$	—
Сферический сегмент	$2\pi Rh$ R — радиус сферы; h — высота излучающей поверхности	$\frac{4\pi Rh}{1-\frac{H+h}{\sqrt{H^2+2h(R+H)}}}$	$h \le \frac{RH}{R+H}$
		$\frac{4\pi Rh}{1+\frac{H+h}{\sqrt{H^2+2h(R+H)}}} - \frac{4\pi Rh}{2\sqrt{-1\left(\frac{R}{R+H}\right)^2}}$	$h \ge \frac{RH}{R+H}$

Коэффициент выведения P, учитывающий выведение нейтронов из диапазона энергий, регистрируемых детектором, определяют из выражения

$$P = e^{\Sigma r},$$

где

Σ — макроскопическое сечение выведения, $см^{-1}$;

r — средняя толщина среды, см.

Примечание. H — расстояние мишень — детектор.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Рекомендуемое

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА НЕЙТРОНОВ С УЧЕТОМ ПРОСЧЕТОВ РАДИОМЕТРА

Среднюю плотность потока быстрых нейтронов (f) в нейтр./($м^2 \cdot с$) вычисляют по формуле

$$f = \frac{A\,(1-e^{-\lambda\beta})\,t_и}{mN_0\gamma\nu\sigma\Omega K\varepsilon\,[1-e^{-\lambda t_3}]e^{-\lambda t_1}\,[e^{-\lambda\beta}-e^{-\lambda t_и}]\,\tau\,[t_и - N_ф\tau]}$$

при

$$\beta = \frac{t_и\tau[(N_Θ + N_ф) - N_ф]}{(t_и - N_ф \cdot \tau)},$$

где A — массовое число материала детектора, а. е. м.;

m — масса активационного детектора, г;

K — коэффициент, учитывающий самопоглощение бета-излучения материалом детектора;

N_0 — число Авогадро, $моль^{-1}$;

γ — содержание облучаемого нуклида в детекторе;

ν — интенсивность бета-излучения образовавшегося радионуклида;

Ω — относительный телесный угол при регистрации наведенного бета-излучения детектора;

β — полное мертвое время при регистрации бета-излучения детектора, с;

τ — мертвое время радиометра, с;

t_0 — интервал времени облучения детектора, с;

$t_з$ — интервал времени выдержки детектора, с;

$t_и$ — интервал времени измерения фона, а также активности детектора и фона, с;

$N_ф$ — число импульсов фона, зарегистрированного радиометром за интервал времени измерения, $t_и$;

λ — постоянная радиоактивного распада нуклида, $с^{-1}$;

σ — сечение активации, $см^2$;

$(N_Θ + N_ф)$ — суммарное число импульсов фона и детектора за интервал времени измерения $t_и$;

ε — градуировочный коэффициент радиометра.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
Рекомендуемое

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ СРЕДНЕЙ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА И СРЕДНЕГО ПОТОКА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ

Таблица 1

Расчетные соотношения определения погрешности измерения средней плотности потока быстрых нейтронов

Определение параметра	Неточности определения параметров	Обозначение погрешности	Расчетная формула определения погрешности
Число Авогадро N_0, $моль^{-1}$	ΔN_0	σ_{N_0}	$-\frac{\Delta N_0}{N_0}$
Массовое число материала детектора A, а. е. м.	ΔA	σ_A	$\frac{\Delta A}{A}$
Содержание нуклида детектора в элементе γ	$\Delta\gamma$	σ_γ	$-\frac{\Delta\gamma}{\gamma}$
Интенсивность частиц или квантов регистрируемого излучения ν	$\Delta\nu$	σ_ν	$-\frac{\Delta\nu}{\nu}$
Сечение активации σ, $см^2$	$\Delta\sigma$	σ_σ	$-\frac{\Delta\sigma}{\sigma}$
Линейный коэффициент ослабления μ, $см^{-1}$	$\Delta\mu$	σ_μ	$\frac{\Delta\mu}{\mu}\left[1-\frac{\mu a e^{-\mu a}}{1-e^{-\mu a}}\right]$
Постоянная радиоактивного распада калибровочного радиоактивного источника $\lambda_и$, $с^{-1}$	$\Delta\lambda_и$	$\sigma_{\lambda_и}$	$-\lambda_и t_1$

Продолжение табл. 1

Определение параметра	Неточности определения параметров	Обозначение погрешности	Расчетная формула определения погрешности
Постоянная радиоактивного распада наведенной в детекторе активности λ, $с^{-1}$	$\Delta\lambda$	σ_λ	$\frac{\Delta\lambda}{\lambda}\left[\frac{\lambda\beta e^{-\lambda\beta}}{1-e^{-\lambda\beta}}-\frac{\lambda t_0 e^{-\lambda t_0}}{1-e^{-\lambda t_0}}+\lambda t_3-\frac{\lambda t_и e^{-\lambda t_и}-\lambda\beta e^{-\lambda\beta}}{e^{-\lambda\beta}-e^{-\lambda t_и}}\right]$
Интервал времени от паспортизации калиброванного радиоактивного источника до начала измерения эффективности регистрации t, с	Δt_1	σ_{t_1}	$-\Delta t_1\lambda_и$
Толщина активационного детектора a, см	Δa	σ_a	$\Delta a\left[\frac{1}{a}-\frac{\mu e^{-\mu a}}{1-e^{-\mu a}}\right]$
Масса активационного детектора, m, г	Δm	σ_m	$-\frac{\Delta m}{m}$
Относительный телесный угол при измерении активности калибровочного радиоактивного источника $\Omega_и$	$\Delta\Omega_и$	$\sigma_{\Omega_и}$	$\frac{\Delta\Omega_и}{\Omega_и}$
Относительный телесный угол при измерении активности детектора Ω	$\Delta\Omega$	σ_Ω	$\frac{\Delta\Omega}{\Omega}$
Число частиц или квантов, испускаемых калибровочным радиоактивным источником в единицу времени $A_и$, 1/с	$\Delta A_и$	$\sigma_{A_и}$	$\frac{\Delta A_и}{A_и}$
Интервал времени регистрации активности радиоактивного источника и фона t, с	Δt	σ_t	$\Delta t\left[\frac{1}{t-(N_и-N_ф)\tau}+\frac{1}{t-N_ф\tau}-\frac{1}{t}\right]$
Интервал времени облучения активационного детектора t_0, с	Δt_0	σ_{t_0}	$-\frac{\Delta t_0}{t_0}\cdot\frac{\lambda t_0 e^{-\lambda t_0}}{1-e^{-\lambda t_0}}$
Интервал времени выдержки облученного активационного детектора t_3, с	Δt_3	σ_{t_3}	$\lambda\Delta t_3$
Время измерения активности облучаемого детектора $t_и$, с	$\Delta t_и$	$\sigma_{t_и}$	$\Delta t_и\left[\frac{1}{t_и}+\frac{\lambda N_ф\tau^2\left[(N_Θ+N_ф)-N_ф\right]e^{-\lambda\beta}}{(t_и-N_ф\tau)^2(1-e^{-\lambda\beta})}-\frac{1}{t_и-N_ф\tau}-\lambda\frac{e^{-\lambda t_и}-e^{-\lambda\beta}\frac{N_ф\tau^2\left[(N_Θ+N_ф)-N_ф\right]}{(t_и-N_ф\tau)^2}}{e^{-\lambda\beta}-e^{-\lambda t_и}}\right]$
Число зарегистрированных импульсов от радиоактивного источника и фона за интервал времени t, $(N_и+N_ф)$	$\Delta(N_и+N_ф)$	$\sigma_{(N_и+N_ф)}$	$-\frac{(t-N_ф\tau)\Delta(N_и+N_ф)}{\left[t-(N_ф+N_и)\tau\right]\left[(N_ф+N_и)-N_ф\right]}$ $\Delta(N_и+N_ф)=\sqrt{\bar{N}_и''+\bar{N}_ф'''}$

Продолжение табл. 1

Определение параметра	Неточности определения параметров	Обозначение погрешности	Расчетная формула определения погрешности
Число зарегистрированных импульсов от детектора и фона за интервал времени t, $(N_\Theta + N_\Phi)$	$\Delta(N_\Theta + N_\Phi)$	$\sigma_{(N_\Theta + N_\Phi)}$	$\Delta(N_\Theta + N_\Phi) \cdot \lambda \cdot \frac{t_и \tau}{t_и - N_\Phi \tau} \cdot e^{-\lambda\beta} \times \times \left[- \frac{1 - e^{-\lambda t_и}}{(1 - e^{-\lambda\beta})(e^{-\lambda\beta} - e^{-\lambda t_и})} \right]$. $\Delta(N_\Theta + N_\Phi) = \sqrt{N_\Theta + N_\Phi}$. $\beta = \frac{t_и \tau [(N_\Theta + N_\Phi) - N_\Phi]}{t_и - N_\Phi \tau}$.
Число зарегистрированных импульсов от фона за интервал времени t, N_Φ	ΔN_Φ	σ_{N_Φ}	$\Delta N_\Phi \left[\frac{\lambda e^{-\lambda\beta}}{1 - e^{-\lambda\beta}} \cdot \frac{d\beta}{dN_\Phi} - \frac{\tau}{t - N_\Phi \tau} + \right.$ $+ \frac{1}{(N_и + N_\Phi) - N_\Phi} + \frac{\tau}{t_и - N_\Phi \tau} +$ $\left. + \frac{\lambda e^{-\lambda\beta}}{e^{-\lambda\beta} - e^{\lambda t_и}} \cdot \frac{d\beta}{dN_\Phi} \right]$; $\Delta N_\Phi = \sqrt{N_\Phi}$; $\beta = \frac{t_и \tau}{t_и - N_\Phi \tau} [(N_\Theta + N_\Phi) - N_\Phi]$; $\frac{d\beta}{dN_\Phi} = - t_и \tau \left[\frac{t_и - [N_\Theta + N_\Phi]\tau}{(t_и - N_\Phi \tau)^2} \right]$.
Мертвое время регистрирующих радиометров τ, $с^{-1}$	$\Delta\tau$	σ_τ	$\Delta\tau \left[- \frac{(N_и + N_\Phi)}{t - (N_и + N_\Phi)\tau} - \frac{N_\Phi}{t - N_\Phi \tau} + \right.$ $+ \frac{\lambda e^{-\lambda\beta} \left[\frac{t_и^2 [(N_\Theta + N_\Phi) - N_\Phi]}{(t_и - N_\Phi \tau)^2} \right]}{1 - e^{-\lambda\beta}} - \frac{1}{\tau} +$ $\left. + \frac{\lambda e^{-\lambda\beta} \left[\frac{t_и^2 [(N_\Theta + N_\Phi) - N_\Phi]}{t_и - N_\Phi \tau} \right]}{e^{-\lambda\beta} - e^{-\lambda t_и}} + \frac{N_\Phi}{t_и - N_\Phi \tau} \right]$

Таблица 2

Расчетные соотношения определения погрешности измерения среднего потока быстрых нейтронов

Форма мишени	Неточность определения параметра	Обозначение погрешности	Расчетная формула определения погрешности	Условие
Плоский диск	Расстояния мишень — детектор ΔH	σ_H	$\frac{\Delta H r^2}{(r^2 + H^2)^{3/2} \left(1 - \frac{H}{\sqrt{r^2 + H^2}} \right)}$	
	Радиуса излучающей поверхности Δr	σ_r	$\frac{\Delta r}{2} \left[2 - \frac{H r^2}{(r^2 + H^2)^{3/2} \left(1 - \frac{H}{\sqrt{r^2 + H^2}} \right)} \right]$	

Продолжение табл. 2

Форма мишени	Неточность определения параметра	Обозначение погрешности	Расчетная формула определения погрешности	Условие
Плоский диск	Плотности потока Δf, расстояния ΔH и радиус Δr	σ_f	$\sqrt{\sigma_H^2 + \sigma_r^2 + \sigma_f^2}$	
Сферический сегмент	Расстояния мишень — детектор ΔH	σ_H	$\frac{\Delta H}{H} \cdot \frac{Hh(R-h)}{\left[1 - \frac{H+h}{\sqrt{H^2+2H(R+H)}}\right][H^2+2h(R+H)]^{3/2}}$	$h \le \frac{RH}{R+H}$
			$\frac{2R^2H}{\sqrt{1-\left(\frac{R}{R+H}\right)^2}(R+H)^3} - \frac{hH(2R-h)}{[H^2+2h(R+H)]^{3/2}}$	$h \ge \frac{RH}{R+H}$
			$\frac{\Delta H}{H} \cdot \frac{}{1 - \frac{H+h}{\sqrt{H^2+2h(R+H)} \quad -2\sqrt{1-\left(\frac{R}{R+H}\right)^2}}}$	
	Радиус сферы	σ_R	$\frac{\Delta R}{R}\left[1 - \frac{H+h}{\left[1 - \frac{H+h}{\sqrt{H^2+2h(R+H)}}\right][H^2+2h(R+H)]^{3/2}}\right]$	$h \le \frac{RH}{R+H}$
			$\frac{\Delta R}{R}\left[1 - \frac{h[[H^2+2h(R+H)] - (H+h)R]}{\left[1 - \frac{H+h}{\sqrt{H^2+2h(R+H)}}\right][H^2+2h(R+H)]^{3/2}}\right]$	$h \ge \frac{RH}{R+H}$
	Высота излучающего слоя	σ_h	$\frac{\Delta h}{h}\left[1 - \frac{h[[H^2+2h(R+H)] -}{\left[1 + \frac{H+h}{\sqrt{H^2+2h(R+H)}} - \right.}\right.$	$h \ge \frac{RH}{R+H}$
			$\left.\left. \frac{-(H+R)R]}{-2\sqrt{1-\left(\frac{R}{R+H}\right)^2}} \right][H^2+2h(R+H)]^{3/2}\right]$	
			$\frac{\Delta h}{h}\left[1 + \frac{h[[H^2+2h(R+H)] - (H+h)R]}{\left[1 - \frac{H+h}{\sqrt{H^2+2h(R+H)}}\right][H^2+2h(R+H)]^{3/2}}\right]$	$h \le \frac{RH}{R+H}$

Примечание. Для более точной оценки погрешности при измерении плотности потока следует учитывать дополнительные источники погрешности, возникающие в результате причин, обусловленных спецификой измерений, с использованием активационных детекторов.

Под действием нейтронов в активационном детекторе из меди или алюминия идут ядерные реакции типа (n, n', α); (n, α); (n^3, He); (n, p); (n, p, n); (n, t); $(n, 2n)$; (n, n'); (n, γ), приводящие к образованию побочного бета-излучения, например, от реакции на ^{65}Cu. Вклад побочного бета-излучения может быть рассчитан или учтен как систематическая погрешность, используя преобразование формулы, указанной в п.4.1 настоящего стандарта.

К систематическим погрешностям могут привести: различия в эффективности регистрации бета-излучения ^{62}Cu и калибровочного радиоактивного источника $^{90}Sr + {}^{90}Y$, обусловленные различием в энергетических спектрах бета-частиц, принципиальная возможность регистрации гамма-излучения радиометрами, а также различная степень отражения бета-частиц от подложки.

При расчете погрешностей следует учитывать изменение эффективности регистрации бета-излучения, обусловленное изменением частоты и напряжения питания радиометров.

Методом численного интегрирования может быть проведена оценка погрешностей, обусловленная угловой анизотропией нейтронов, испускаемых мишенями по энергиям, влияющим на величину наведенного бета-излучения из-за зависимости сечений ядерных реакций $^{63}Cu\ (n, 2n)$ и $^{27}Al\ (n, \alpha)\ ^{24}Na$ от энергии нейтронов. Степень влияния анизотропии нейтронов по энергиям зависит от расстояния, взаимного расположения, форм и размеров мишени и активационного детектора.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 27.17.77 № 2516

2. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

3. СРОК ПРОВЕРКИ — 1993 г.,
периодичность проверки — 5 лет

4. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта
ГОСТ 8.315—97	Разд. 1
ГОСТ 859—78	Разд. 1
ГОСТ 11069—74	Разд. 1
ГОСТ 15484—81	Вводная часть
ГОСТ 21171—80	Вводная часть
ГОСТ 27451—87	Разд. 1
РМГ 29—99	Вводная часть

5. Ограничение срока действия снято по протоколу № 3—93 Межгосударственного Совета по стандартизации, метрологии и сертификации (ИУС 5-6—93)

6. Издание (март 2001 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в августе 1983 г., июне 1988 г. (ИУС 11—83, 9—88)

Редактор *М.И. Максимова*
Технический редактор *Н.С. Гришанова*
Корректор *И.Л. Шнайдер*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Изд. лиц. № 02354 от 14.07.2000. Сдано в набор 22.03.2001. Подписано в печать 19.04.2001. Усл.печ.л. 1,86. Уч.-изд.л. 1,45. Тираж 117 экз. С 796. Зак. 453.

ИПК Издательство стандартов, 107076, Москва, Колодезный пер., 14.
Набрано в Издательстве на ПЭВМ
Филиал ИПК Издательство стандартов — тип. "Московский печатник", 103062, Москва, Лялин пер., 6.
Плр № 080102

gost.e-ecolog.ru