МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГЕНЕРАТОРЫ НЕЙТРОНОВ

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПОТОКА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ

Издание официальное

БЗ 7—99

ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
Москва

УДК 539.172.84.07 : 539.12.08 : 006.354

Группа Ф19

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

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 $t_и$.

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

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

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;

$t_и$ — 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 $t_и$;

N_{Φ} — число импульсов фона, зарегистрированное радиометром за интервал времени $t_и$;

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) 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 10—24	0,0777 10^{-24}	0,500 10^{-24}	0,020 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) 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	$0{,}450 \cdot 10^{-24}$	$0{,}002738 \times 10^{-24}$	—	—	—	—
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. 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

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

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 $N_ф$ 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 ($N_Θ$ + $+N_ф$) 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

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

при

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

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

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;

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

$(N_Θ + N_ф)$ — 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	$\dfrac{2\pi r^2}{1-\dfrac{H}{\sqrt{r^2+H^2}}}$	—
Сферический сегмент	$2\pi Rh$ R — радиус сферы; h — высота излучающей поверхности	$\dfrac{4\pi Rh}{1-\dfrac{H+h}{\sqrt{H^2+2h(R+H)}}}$	$h \le \dfrac{RH}{R+H}$
		$\dfrac{4\pi Rh}{1+\dfrac{H+h}{\sqrt{H^2+2h(R+H)}}} - \dfrac{4\pi Rh}{2\sqrt{-1\left(\dfrac{R}{R+H}\right)^2}}$	$h \ge \dfrac{RH}{R+H}$

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 · с) вычисляют по формуле

$$f = \frac{A\,(1-e^{-\lambda\beta})\,t_и}{mN_0\gamma\nu\sigma\Omega K\varepsilon\,[1-e^{-\lambda t_0}]e^{-\lambda t_3}\,[e^{-\lambda\beta}-e^{-\lambda t_и}]\,\tau\,[t_и - N_ф\tau]}$$

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_3 — 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, c^{-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	$\Delta t_и$	$\sigma_{t_и}$	$\Delta t_и\left[\frac{1}{t_и}+\frac{\lambda N_ф\tau^2\,[(N_\Theta+N_ф)-N_ф]\,e^{-\lambda\beta}}{(t_и-N_ф\tau)^2\,(1-e^{-\lambda\beta})}-\frac{1}{t_и-N_ф\tau}-\lambda\frac{e^{-\lambda t_и}-e^{-\lambda\beta}\frac{N_ф\tau^2\,[(N_\Theta+N_ф)-N_ф]}{(t_и-N_ф\tau)^2}}{e^{-\lambda\beta}-e^{-\lambda t_и}}\right]$
Число зарегистрированных импульсов от радиоактивного источника и фона за интервал времени t, $(N_и+N_ф)$	$\Delta(N_и+N_ф)$	$\sigma_{(N_и+N_ф)}$	$-\frac{(t-N_ф\tau)\,\Delta(N_и+N_ф)}{[t-(N_ф+N_и)\tau]\,[(N_ф+N_и)-N_ф]}$ $\Delta(N_и+N_ф)=\sqrt{N_и+N_ф}$

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, $(N_\Theta + N_ф)$	$\Delta(N_\Theta + N_ф)$	$\sigma_{(N_\Theta + N_ф)}$	$\Delta(N_\Theta + N_ф)\ \lambda \cdot \frac{t_и \tau}{t_и - N_ф \tau} \cdot e^{-\lambda\beta} \times \left[- \frac{1 - e^{-\lambda t_и}}{(1 - e^{-\lambda\beta})(e^{-\lambda\beta} - e^{-\lambda t_и})} \right]$. $\Delta(N_\Theta + N_ф) = \sqrt{N_\Theta + N_ф}$. $\beta = \frac{t_и \tau [(N_\Theta + N_ф) - N_ф]}{t_и - N_ф \tau}$
Число зарегистрированных импульсов от фона за интервал времени t, $N_ф$	$\Delta N_ф$	$\sigma_{N_ф}$	$\Delta N_ф \left[\frac{\lambda e^{-\lambda\beta}}{1 - e^{-\lambda\beta}} \frac{d\beta}{dN_ф} - \frac{\tau}{t - N_ф \tau} + \frac{1}{(N_и + N_ф) - N_ф} + \frac{\tau}{t_и - N_ф \tau} + \frac{\lambda e^{-\lambda\beta}}{e^{-\lambda\beta} - e^{\lambda t_и}} \cdot \frac{d\beta}{dN_ф} \right]$; $\Delta N_ф = \sqrt{N_ф}$; $\beta = \frac{t_и \tau}{t_и - N_ф \tau} [(N_\Theta + N_ф) - N_ф]$; $\frac{d\beta}{dN_ф} = - t_и \tau \left[\frac{t_и - [N_\Theta + N_ф]\tau}{(t_и - N_ф \tau)^2} \right]$.
Мертвое время регистрирующих радиометров τ, $с^{-1}$	$\Delta\tau$	σ_τ	$\Delta\tau \left[- \frac{(N_и + N_ф)}{t - (N_и + N_ф)\tau} - \frac{N_ф}{t - N_ф \tau} + \frac{\lambda e^{-\lambda\beta} \left[\frac{t_и^2 [(N_\Theta + N_ф) - N_ф]}{(t_и - N_ф \tau)^2} \right]}{1 - e^{-\lambda\beta}} - \frac{1}{\tau} + \frac{\lambda e^{-\lambda\beta} \left[\frac{t_и^2 [(N_\Theta + N_ф) - N_ф]}{t_и - N_ф \tau} \right]}{e^{-\lambda\beta} - e^{-\lambda t_и}} + \frac{N_ф}{t_и - N_ф \tau} \right]$

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	$\frac{\Delta H}{H}\cdot\frac{Hh(R-h)}{\left[1-\frac{H+h}{\sqrt{H^2+2H(R+H)}}\right][H^2+2h(R+H)]^{3/2}}$	$h\le\frac{RH}{R+H}$
			$\frac{\frac{2R^2H}{\sqrt{1-\left(\frac{R}{R+H}\right)^2}(R+H)^3}-\frac{hH(2R-h)}{[H^2+2h(R+H)]^{3/2}}}{\frac{\Delta H}{H}\quad 1-\frac{H+h}{\sqrt{H^2+2h(R+H)}}-2\sqrt{1-\left(\frac{R}{R+H}\right)^2}}$	$h\ge\frac{RH}{R+H}$
	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	$\frac{\Delta h}{h}\left[1-\frac{h[[H^2+2h(R+H)]-}{\left[1+\frac{H+h}{\sqrt{H^2+2h(R+H)}}-\frac{-(H+R)R]}{-2\sqrt{1-\left(\frac{R}{R+H}\right)^2}}\right][H^2+2h(R+H)]^{3/2}}\right]$	$h\ge\frac{RH}{R+H}$
			$\frac{\Delta h}{h}\left[1+\frac{h[[H^2+2h(R+H)]-(H+h)R]}{\left[1-\frac{H+h}{\sqrt{H^2+2h(R+H)}}\right][H^2+2h(R+H)]^{3/2}}\right]$	$h\le\frac{RH}{R+H}$

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, α) ^{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 *Н.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