



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

**ИФВЭ 2003-8  
ОРИ**

А.Г. Алексеев, В.Н. Лебедев

**ИССЛЕДОВАНИЕ  
МЕТОДИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОЗИМЕТРОВ  
НЕЙТРОНОВ АЛЬБЕДНОГО ТИПА**

*Направлено в АНРИ*

Протвино 2003

**Аннотация**

Алексеев А.Г., Лебедев В.Н. Исследование методических вопросов использования индивидуальных дозиметров нейтронов альбедного типа: Препринт ИФВЭ 2003-8. – Протвино, 2003 – 10 с., 9 рис., 6 табл., библиогр.: 6.

Рассматриваются методы получения поправки для учета энергетической зависимости чувствительности альбедного дозиметра при использовании его для целей индивидуальной дозиметрии в полях с разными спектрами нейтронов. Для тестирования методов было выполнено экспериментальное исследование чувствительности дозиметров ДВГН-01 и ДВН-А-01 в опорных полях на базе первого горизонтального канала исследовательского реактора ИРТ МИФИ.

**Abstract**

Alexeev A. G., Lebedev V.N. Research of Methodical Questions of Use of Albedo Personal Neutron Dosimeter.: Preprint IHEP 2003-8. – Protvino, 2003. – p.10, figs. 9, tables 6, ref.: 6.

In the paper the methods of reception of the correct use of neutron albedo dosimeters are considered. The methods of use such dosimeters in fields with different spectra of neutrons are presented. For testing the experimental research of sensitivity DVGН-01 and DVN-A-01 dosimeters in reference neutron fields was formed on based of 1-st horizontal research channel of IRT MIPHI reactor.

## Введение

В последнее время на предприятиях Минатома началось внедрение в практику радиационного контроля индивидуальных дозиметров альбедного типа (ДВНГ-01, ДВН-А-01, КОРДОН, ALNOR). Важным моментом является разработка единого подхода к методике использования индивидуальных дозиметров альбедного типа.

В настоящее время у всех, кто сталкивается с вопросом использования дозиметров альбедного типа, не вызывает сомнения, что нейтронный индивидуальный дозиметрический контроль (ИДК) персонала необходимо сопровождать программой исследований. Такая программа может включать в себя следующее:

1. Проведение измерений спектров нейтронов в реальных рабочих условиях.
2. Проведение градуировки индивидуальных дозиметров в опорных полях нейтронов, при этом спектр нейтронов опорного поля должен быть близок к спектру нейтронов на рабочем месте.
3. Выполнение градуировки индивидуальных дозиметров в рабочих условиях.

В данной работе рассмотрены результаты исследования дозиметров альбедного типа, представлены данные по тестированию этих методов. Тестирование было выполнено в опорных полях нейтронов на основе исследования чувствительности индивидуальных дозиметров на базе 1-го горизонтального экспериментального канала (ГЭК-1) реактора ИРТ МИФИ [1].

## 1. Средства измерения

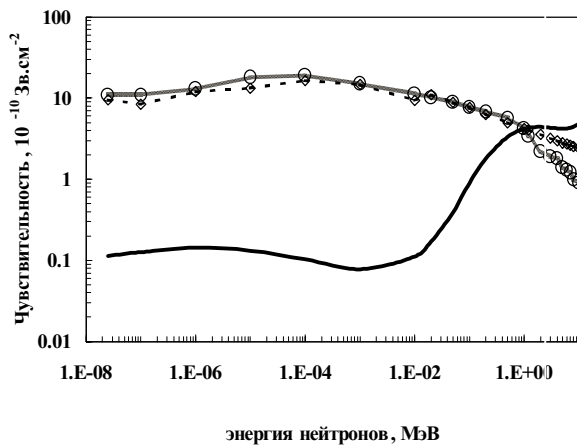
### Дозиметры ИДК

Метод измерения индивидуальной дозы нейтронов с помощью дозиметров ДВН-А-01 и ДВНГ-01 основан на одном и том же принципе регистрации термализованных и отраженных от тела человека нейтронов (так называемый «альбедный» принцип регистрации нейтронов). Различие между дозиметрами состоит в конструктивном исполнении и в возможности использования их в комплекте с разными термолюминесцентными детекторами (ТЛД) и ТЛД-системами (считывателями). Особенностью «альбедного» дозиметра нейтронов является сильная зависимость чувствительности от спектра нейтронов, в котором проводится облучение. Эта особенность должна учитываться при проведении измерений, что и отражено в работах [2, 3], где указывается, что для перехода от показаний дозиметра  $M$  к индивидуальному эквиваленту дозы  $H_p(10)$ , кроме градуировочного коэффициента  $C$ , необходимо использовать поправочный коэффициент  $k_n$ , учитывающий различие чувствительности дозиметра в рабочих условиях и в условиях градуировки.

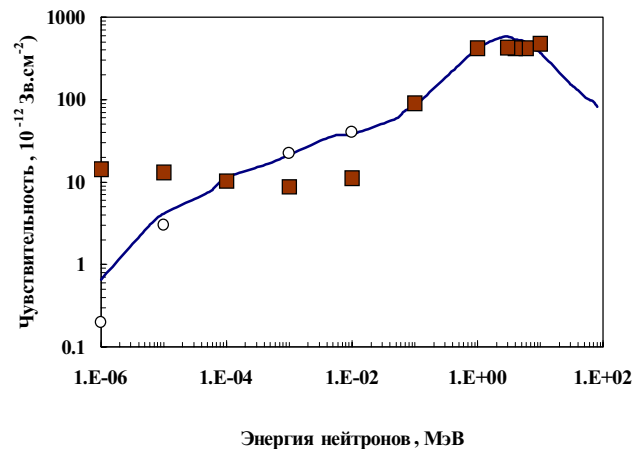
$$H_p(10) = k_n C \cdot M. \quad (1)$$

Фактор, влияющий на величину  $k_n$ , – отличие спектрально-углового распределения нейтронов в рабочих условиях и при градуировке.

На **рис. 1** представлена энергетическая зависимость чувствительности индивидуального дозиметра нейтронов альбедного типа из работ [3] и [4]. Там же приведена зависимость удельного индивидуального эквивалента дозы нейтронов [3] в передне-задней геометрии. Из рисунка видно, что основной вклад в дозу дают нейтроны с энергией выше 0,01 кэВ, в то же время основной вклад в показания альбедного дозиметра дают нейтроны с энергией ниже этой величины. Таким образом, величина поправки  $k_n$  зависит от соотношения промежуточных и быстрых нейтронов в спектре.



**Рис. 1.** Индивидуальной эквивалент дозы нейтронов (для передне-задней геометрии) [3] – сплошная линия. Энергетическая зависимость чувствительности индивидуального дозиметра нейтронов альбедного типа: линия с кружком – данные из работы [4]; линия с ромбом – из работы [3]; нормировка приведена при энергии нейтронов 1 МэВ.



**Рис. 2.** Энергетическая зависимость чувствительности дозиметра ДКС-96Н к нейтронам. Сплошная линия – расчет по программе MCNP4a; кружки – расчет по программе PO36.5; квадраты – зависимость ambientной дозы нейтронов.

### Спектрометр и дозиметр нейтронов

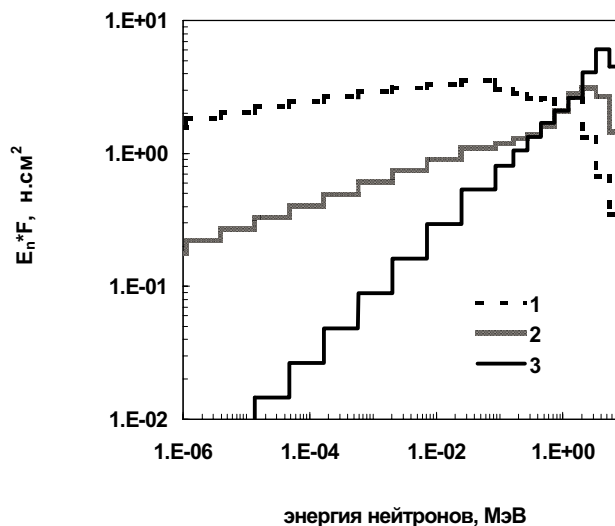
Для измерения спектров нейтронов в работе использовался многошаровой спектрометр нейтронов ШАНС[5] разработки ГНЦ ИФВЭ. Дополнительно в измерениях использовался стандартный дозиметр ДКС96Н, в котором кроме стандартного полиэтиленового замедлителя диаметром 241мм для измерения мощности ambientной дозы, использовался замедлитель диаметром 170 мм в кадмиевом чехле для измерения плотности потока быстрых и промежуточных нейтронов. Для измерения плотности потока тепловых нейтронов использовался датчик ДКС96Н без замедлителя, при этом выполнялись измерения с датчиком без замедлителя и датчиком в чехле из кадмия толщиной 1мм.

Расчетная зависимость чувствительности дозиметра ДКС-96Н к нейтронам представлена на **рис. 2**. Расчет выполнен по программе MCNP4a (данные предоставлены П.Ф. Масляевым) и по программе PO36.5 с библиотекой AVBN95 (данные предоставлены О. Суманевым). Там же приведена зависимость ambientной дозы нейтронов  $H^*(10)$ . Расчетные данные отнормированы к величине  $H^*(10)$  для энергии нейтронов 1 МэВ. В расчетах учитывалось, что внутри стандартного замедлителя ДКС96Н есть слой кадмия толщиной 1 мм и диаметром 15 см. Расчеты, выполненные по двум программам, в диапазоне от 10 эВ до 1 МэВ находятся в хорошем согласии.

## 2. Методы определения поправочного коэффициента для альбедного дозиметра

Как уже было сказано выше, использование индивидуальных дозиметров нейтронов альбедного типа требует определения поправочного коэффициента  $k_n$ , учитывающего отличие спектра нейтронов в местах облучения и в условиях калибровки. Для примера на рис. 3 приведены три спектра нейтронов.

**Рис. 3.** Спектры нейтронов. 1 – спектр нейтронов на «пятак» в центральном реакторном зале на АЭС с РБМК. 2 – спектр утечки нейтронов от источника  $^{252}\text{Cf}$ , помещенного в полиэтиленовый шар диаметром 30 см. 3 – спектр Pu-Be источника, (градуировочный источник).



Спектр 1 – пример спектра нейтронов в рабочих условиях на «пятак» в центральном реакторном зале на АЭС с РБМК (измерения выполнены на 4-м блоке Курской АЭС над ячейкой СУЗ типа БАЗ); 2 – спектр утечки нейтронов  $^{252}\text{Cf}$  источника, помещенного внутрь полиэтиленового шара диаметром 30 см; 3 – спектр Pu-Be источника в помещении (условия калибровки). Из рис. 1 видно, что основной вклад в чувствительность альбедного дозиметра для приведенных на рис. 3 спектров нейтронов дают нейтроны с энергией ниже 0,1 МэВ, в то время как индивидуальный дозовый эквивалент определяют нейтроны с энергией выше 0,1 МэВ. Если использовать спектр Pu-Be источника в качестве градуировочного с коэффициентом  $k_n = 1$ , то для спектра 2 коэффициент будет равен 0,2, для спектра 1 –  $k_n = 0,12$ .

В работах [2, 3] рассмотрен ряд способов определения этого параметра.

Первый способ основан на теоретической оценке. В случае известного спектра нейтронов поправочный коэффициент можно определить, используя данные, представленные на рис. 1. Для этого используется формула

$$k_n = \frac{\int F_{\text{Pu-Be}}(E) R(E) dE}{\int F_i(E) R(E) dE} \cdot \frac{\int F_i(E) h^*(10, E) dE}{\int F_{\text{Pu-Be}}(E) h^*(10, E) dE}, \quad (2)$$

где  $F_{\text{Pu-Be}}(E)$  – спектр нейтронов Pu-Be источника (см. рис. 3);  $R(E)$  – относительная чувствительность альбедного дозиметра (см. рис. 1);  $F_i(E)$  – спектр нейтронов, для которого определяется поправочный коэффициент;  $h^*(10, E)$  – зависимость удельной амбиентной дозы нейтронов от энергии. Расчет должен быть выполнен для всего диапазона энергии нейтронов (от тепловой до 14 МэВ).

Второй способ предполагает облучение индивидуальных дозиметров нейтронов непосредственно в исследуемом поле излучения, измерение характеристик (мощности амбиентной дозы нейтронов) исследуемого поля излучения с помощью стандартных дозиметров (например, дозиметр ДКС-96Н по рекомендации П.Ф. Масляева). Преимущество данного способа в том, что величина поправочного коэффициента  $k_n$  определяется непосредственно, недостаток – что при относительно низком уровне мощности дозы, время облучения может быть достаточно большим (неделя, месяц).

Третий способ предполагает определение поправочного коэффициента  $k_n$  на основе данных по измерениям интегральных характеристик поля излучения (например, это может быть средняя энергия нейтронов или отношение скорости счета детектора многосферного спектрометра с разными замедлителями и др.) Этот способ не требует облучения индивидуальных дозиметров на рабочих местах. Преимущество способа – в оперативности получения информации. В то же время по сравнению со вторым способом здесь большая вероятность получить более высокую неконтролируемую систематическую погрешность определения поправочного коэффициента  $k_n$ .

Одним из параметров спектра нейтронов, который можно использовать для оценки коэффициента  $k_n$ , является значение удельной амбиентной дозы. Для определения этой величины проводится измерение мощности амбиентной дозы нейтронов  $H^*(10)$ , плотности потока нейтронов с энергией выше 0,4 эВ  $\varphi_b$  (быстрые и промежуточные нейтроны), потока тепловых нейтронов  $\varphi_m$ . Рассчитывается суммарное значение потока нейтронов  $\varphi = \varphi_m + \varphi_b$ . По результатам измерений вычисляется значение удельного эквивалента амбиентной дозы:

$$h^*(10) = H^*(10) / \varphi. \quad (3)$$

На основе анализа расчетных и экспериментальных данных была получена оценка зависимости коэффициента  $k_n$  от величины  $h^*(10)$ , показанная на рис. 4.

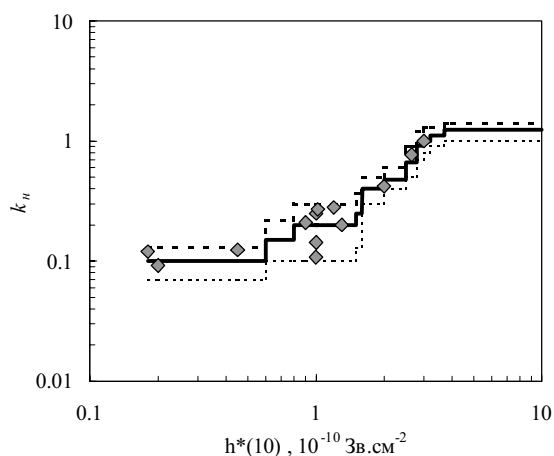


Рис. 4. Зависимость поправочного коэффициента для альбедного дозиметра. Линия – рекомендуемая зависимость; пунктир – коридор неопределенности; ромб – экспериментальные данные.

Экспериментальные данные, представленные на рис. 4, – это результаты облучения дозиметров ДВН-А-01, ДВГН-01 в полях нейтронов реактора ИРТ, в гермообъеме АЭС с ВВЭР (Калининская АЭС) [6], в опорных полях нейтронов ИФВЭ [4].

Таблица 1. Зависимость поправки  $k_n$  от удельной амбиентной дозы,  $U^+$  и  $U^-$  – абсолютное значение неопределенности определения  $k_n$  в большую и меньшую сторону соответственно.

Удельная амбиентная доза нейтронов $10^{-10}$ , Зв.см <sup>2</sup>	$K_n$	$U^-$	$U^+$
0.1-0.6	0,1	0.07	0.13
0.6-0.8	0.15	0.1	0.22
0.8-1.6	0.2	0.1	0.3
1.6-2.0	0.4	0.3	0.5
2.0-2.5	0.48	0.4	0.6
2.5-2.8	0.67	0.5	0.9
2.8-3.0	0.91	0.7	1.2
3.0-3.2	1.0	0.8	1.3
3.2-3.7	1.1	0.9	1.3
3.7-4.0	1.25	1.0	1.4

В табл. 1 представлена рекомендуемая (экспертная) оценка зависимости поправочного коэффициента. Необходимо подчеркнуть, что данный способ имеет ограничения, в частности для условий ускорителей высоких энергий и генераторов нейтронов, когда средняя энергия спектра нейтронов превышает 5-6 МэВ. Ограничение вызвано тем, что дозиметры, например, ДКС96Н (см. рис. 2), занижают величину амбиентной дозы для нейтронов выше 5-6 МэВ.

### 3. Опорные поля нейтронов на базе ИРТ

Для анализа рассмотренных выше методов определения поправки для альбедного дозиметра были использованы опорные поля нейтронов на основе излучения, сформированного от ГЭК-1 реактора ИРТ.

Схема опорного поля нейтронов ( $e01$ ,  $m01$ ) на базе ГЭК-1 и бетонного лабиринта представлена на рис. 5а. Выход из канала закрывал рассеиватель пучка, представлявший собой стальную шестигранную призму (250x250x250 мм), покрытую с боковых сторон полиэтиленом толщиной 50 мм и с торца – 100 мм. Во втором колене вдоль лабиринта между сечениями  $fx$  и  $lx$  располагались бетонные перегородки, в количестве 3 (для этого случая точка измерения обозначена  $m01(3)$ ) и 4 штук ( $m01(4)$ ). Толщина перегородки была 120 мм, длина 2200 мм, высота совпадала с высотой коридора лабиринта (1800 мм).

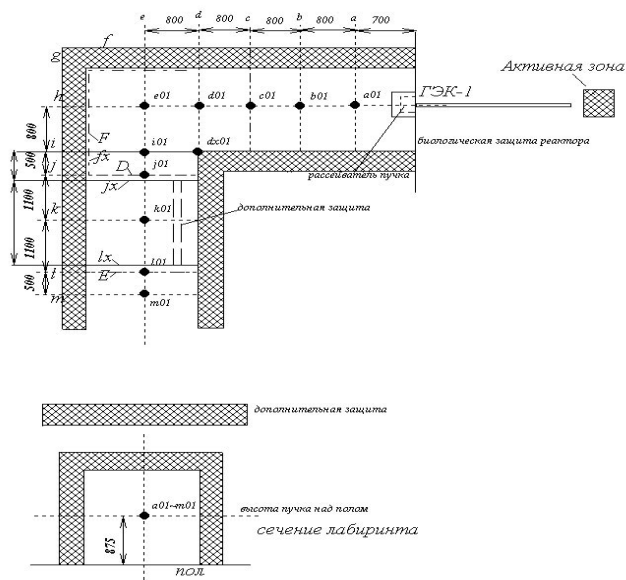


Схема точек измерения в лабиринте

Рис. 5а. Схема опорного поля нейтрона на базе бетонного лабиринта и ГЭК-1.

Геометрия облучения для второго случая представлена на рис. 5б. Лабиринт отсутствовал. Рассеиватель был окружен дополнительной защитой из свинца толщиной 50 мм. Вся конструкция была окружена дополнительным стальным рассеивателем толщиной 40 мм. Измерение спектров и последующее облучение дозиметров на фантомах проводились в двух точках –  $S01'$  и  $S03'$ . Точка измерения спектра совмещалась с центром фантома на поверхности, обращенной к источнику излучения.  $S01'$  и  $S03'$  – точки измерения спектров и облучения дозиметров в соответствии со спецификацией точек измерения, принятой во время проведения эксперимента.

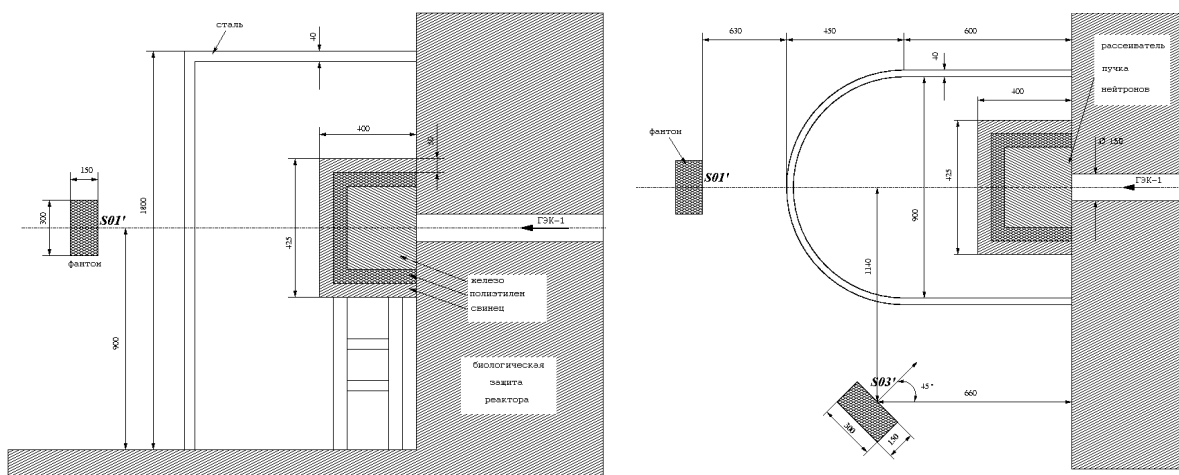


Схема облучения дозиметров в вертикальном сечении.

Схема облучения дозиметров в горизонтальном сечении.

Рис. 56. Опорное поле нейтронного излучения на базе ГЭК-1.

Результаты измерений спектров нейтронов представлены в работе [1]. Результаты измерения мощности амбиентной дозы, полученные с помощью ДКС-96Н и спектрометра ШАНС для точек в бетонном лабиринте, в которых проводилось облучение, представлены в табл. 2, а для точек  $S01'$  и  $S03'$  – в табл. 3. Как видно из табл. 2, вклад тепловых нейтронов в мощность амбиентной дозы для точки  $m01$  составляет почти 50%. ДКС-96Н систематически завышает на ~20% значение мощности амбиентной дозы в сравнении с данными по спектрометру ШАНС, что обусловлено функцией чувствительности дозиметра (рис. 2).

Таблица 2. Результаты измерения мощности амбиентной дозы нейтронов с помощью дозиметра ДКС-96 и спектрометра ШАНС. Данные нормализованы на мощность реактора 1 МВт. час.

Точка измерения	ДКС-96Н (мЗв)	ШАНС, мЗв		Отношение ДКС-96/ШАНС (отн. Едн. )
		Нейтроны с энергией $E_n > 0.414$ эВ	Тепловые нейтроны*	
$E01$	113	97.	14.	1.02
$M01 (4l)$	0.46	0.19	0.2	1.18
$M01 (3l)$	0.75	0.31	0.32	1.19

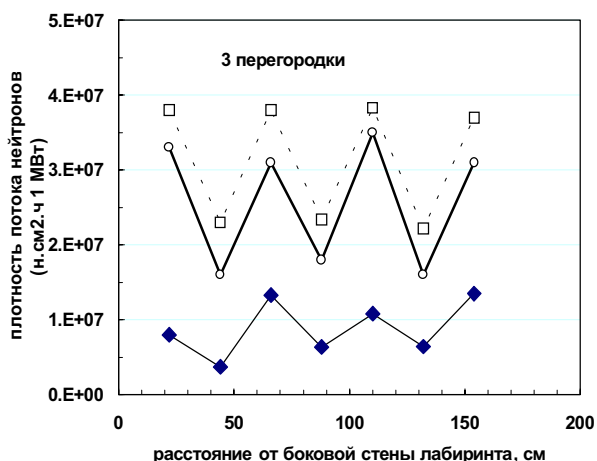
\* Использовался коэффициент перехода от плотности потока тепловых нейтронов к дозе равный  $11.4 \cdot 10^{-12}$  Зв/см<sup>2</sup>

Таблица 3. Результаты измерения мощности амбиентной дозы нейтронов с помощью дозиметра ДКС-96 и спектрометра ШАНС. Данные нормализованы на мощность реактора 1 МВт. час.

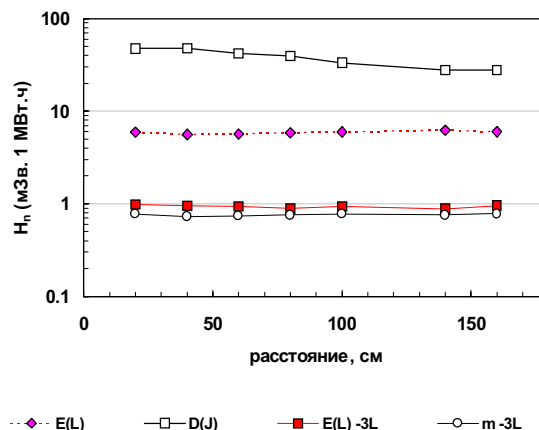
Точка измерения	Мощность амбиентной дозы нейтронов $H^*(10)$ , Зв		Плотность потока быстрых и промежуточных нейтронов $\Phi_b$ , см <sup>-2</sup>		Плотность потока тепловых нейтронов $\Phi_T$ , см <sup>-2</sup>	
	ДКС-96 Н	ШАНС	ДКС-96 Н	ШАНС	ДКС-96 Н	ШАНС
$S01'$	0.12	0.116	$1.1 \cdot 10^9$	$1.13 \cdot 10^9$	$0.8 \cdot 10^8$	$1.2 \cdot 10^8$
$S03'$	0.29	0.325	$2.7 \cdot 10^9$	$2.52 \cdot 10^9$	$1.4 \cdot 10^8$	$2.0 \cdot 10^8$



Для точки  $m01$  в лабиринте за бетонными перегородками наблюдалась неоднородность поля излучения, обусловленная эффектом экранирования. Данный эффект представлен на **рис. 6**, где показаны результаты измерений плотности потока нейтронов (замедлитель диаметром 5 дюймов спектрометра ШАНС) и плотности потока тепловых нейтронов (характерный размер детектора для спектрометра ШАНС 10x10 мм, для ГЛД – 5 мм) в сечении L лабиринта (непосредственно за перегородками). В то же время на **рис. 7**, где представлены результаты измерений мощности дозы нейтронов с помощью ДКС-96Н, эффекта экранирования не наблюдается, что связано с тем, что размер замедлителя ДКС-96 сравним с пространственным размером неоднородности поля нейтронов, т.е. эффект усредняется.



**Рис. 6.** Распределение плотности потока нейтронов (черный ромб) и плотности потока тепловых нейтронов (пустые квадраты), измерения выполненные с помощью многошарового спектрометра; (пустой кружок) – плотность потока тепловых нейтронов, измерения выполнены с помощью ГЛД.



**Рис. 7.** Распределение мощности амбиентной дозы нейтронов (измерение с помощью ДКС-96Н) в сечении лабиринта. Геометрический центр лабиринта 90 см.  $E(L)$  – распределение мощности дозы в случае отсутствия перегородок в сечении E;  $E(L)-3L$ ,  $m-3L$  – для случая 3 перегородок.

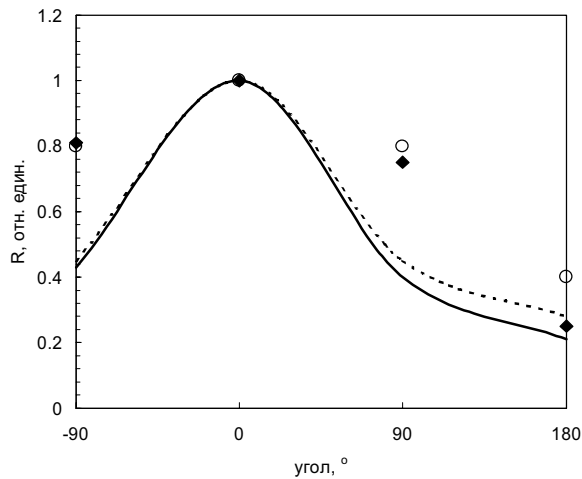
#### 4. Результаты измерений

Индивидуальные дозиметры ДВГН-01 облучались на полиэтиленовых шаровых фантомах диаметром 247 мм в лабиринте в точках  $e01$ ,  $m01(3)$ ,  $m01(4)$ . Для точки  $m01$  фантом устанавливался таким образом, чтобы ось фантома совпадала с осью канала между перегородками. Для точки  $m01(3)$  ширина канала составляла 330 мм, т.е. превышала размер фантома, для точки  $m01(4)$  – 240 мм. Результаты приведены в **табл. 4**.

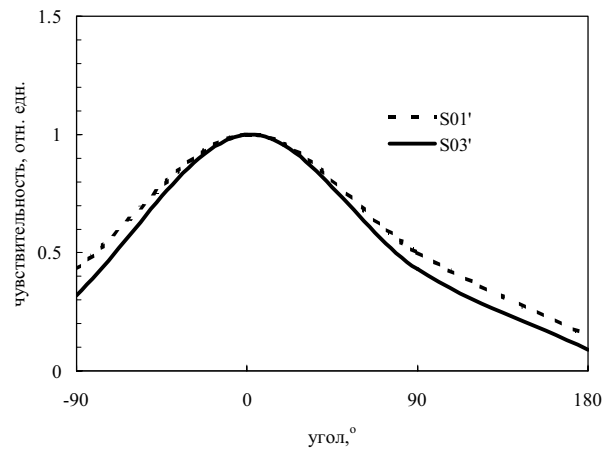
Угловое распределение плотности потока нейтронов и относительной чувствительности ДВГН-01 представлено на **рис. 8**. Угловое распределение плотности потока нейтронов определялось по показаниям ГЛД типа  ${}^6\text{LiF}-{}^7\text{LiF}$ , расположенных на глубине 60 мм от поверхности полиэтиленового сферического замедлителя диаметром 247 мм. Метод измерения описан в работе [6]. Угловое распределение чувствительности альбедного дозиметра имеет менее выраженный анизотропный характер, чем распределение плотности потока нейтронов. Изменение ширины канала не сказалось на угловой зависимости чувствительности дозиметров.

**Таблица 4.** Результаты измерения для ДВГН-01 для условий бетонного лабиринта (спереди, слева, справа, сзади – положение дозиметра на фантоме относительно направления падения нейтронов).

Точка	ДВГН-01, мЗв. 1МВт.ч.			
	Спереди	Слева	Справа	Сзади
<i>e01</i>	805	-	-	-
<i>m01(3)</i>	8	6.5	6.0	2.
<i>m01(4)</i>	5	4	4	2



**Рис. 8.** Угловое распределение плотности потока нейтронов и чувствительности ДВГН-01. Ромб – ДВГН точка *m01(3)*; кружок – *m01(4)*; сплошная линия – плотность потока нейтронов точка *m01(3)*; пунктир – *m01(4)*.



**Рис. 9.** Угловое распределение чувствительности дозиметров ДВГН-01 на плоском фантоме, при облучении в геометрии рассеивателя без лабиринта.

Результаты для геометрии с рассеивателем без лабиринта приведены в **табл. 5**. Для этого случая облучение проводилось на плоском фантоме. Чувствительность дозиметров ДВГН-01 и ДВН-А-01 совпадает в пределах 14%. Угловое распределение относительной чувствительности дозиметров ДВГН-01 для этой геометрии облучения представлено на **рис. 9**. Сравнивая распределения на **рис. 8** и **9**, можно сделать вывод, что анизотропия нейтронного излучения для первой геометрии с лабиринтом меньше, чем для второй геометрии.

**Таблица 5.** Результаты измерения с дозиметрами ДВГН-01 и ДВН-А-01 для условий рассеивателя без лабиринта. Все данные нормированы на 1 МВт. час мощности реактора.

№ точки	Нп, мЗв							
	Спереди		Справа		Слева		Сзади	
	ДВГН-01	ДВН-А	ДВГН-01	ДВН-А	ДВГН-01	ДВН-А	ДВГН-01	ДВН-А
<i>S01'</i>	410	440	175	218	207	-	60	-
<i>S03'</i>	1014	1160	326	434	436	434	90	88

В табл. 6 приведены значения поправочного коэффициента  $k_n$ , полученные для дозиметров ДВГН-01 тремя способами для опорных полей нейтронов реактора ИРТ. Во второй колонке таблицы приведены значения коэффициентов, полученные следующим образом:

$$k_n = \frac{H^*(10)}{\max\{H_n\}},$$

где  $H^*(10)$  – величина амбиентной дозы, рассчитанная по результатам измерений

с ДКС-96Н и ШАНС;  $\max\{H_n\}$  – максимальное значение показаний дозиметров ДВГН-01, одновременно облучаемых на 4 сторонах фантома. Во второй колонке приведено значение удельной амбиентной дозы в точке облучения; на основе этой величины в соответствии с табл. 1 представлены расчетные значения  $k_n$ , там же приведен коридор неопределенностей. Как можно видеть, значения поправочного коэффициента, полученные по третьему способу, совпадают в пределах коридора неопределенности с результатами, полученными по второму способу (прямые измерения). В пятой колонке представлены расчетные значения  $k_n$ , полученные с учетом измеренных спектров нейтронов и расчетной чувствительности альбедного дозиметра по данным из работ [3, 4] (первый способ).

Значения  $k_n$ , полученные расчетным (первым) способом для точек  $S01'$ ,  $S03'$ ,  $e01'$ , находятся в согласии с третьим способом в пределах коридора неопределенности. Для точки  $m01$  расчет занижает значение поправки. Различие обусловлено неопределенностью в погрешности расчета чувствительности альбедного дозиметра в области энергий нейтронов ниже 10 эВ (расчет был выполнен для плоского фантома, а облучение было выполнено на шаровом фантоме). А в этих полях, как было указано выше, вклад тепловых нейтронов в суммарную величину плотности потока превышал 50%. Дополнительная погрешность обусловлена тем, что для этих условий спектр нейтронов восстанавливался без учета неоднородности поля нейтронов. И, как можно видеть на рис.6, эффект неоднородности более существенен для замедлителей спектрометра ШАНС с большим диаметром, что приводит к «смягчению» спектра нейтронов, восстанавливаемого по показаниям датчика в разных замедлителях. Это также ведет к эффективному уменьшению расчетного значения поправки.

**Таблица 6.** Поправочные коэффициенты  $k_n$  для дозиметра ДВГН-01, полученные различными методами для опорных полей нейтронов реактора ИРТ.  $h^*(10)$  - удельная величина амбиентной дозы.

Точка облучения	$k_n$ , экспериментальное значение	$h^*(10)$ $10^{-10}$ Зв.см <sup>2</sup>	$k_n$ , значение, полученное из табл. 1*	$k_n$ , значение, полученное расчетным способом	
				**	5 ***
1	2	3	4		
$S01'$	0,283	0,98	0,2 (0,1-0,3)	0,15	0,17
$03'$	0,321	1,2	0,2 (0,1-0,3)	0,22	0,23
$e01'$	0,124	0,5	0,1 (0,07-0,13)	0,07	0,71
$m01(4)$	0,092	0,2	0,1 (0,07-0,13)	0,02	0,023
$m01(3)$	0,12	0,18	0,1 (0,07-0,13)	0,02	0,023

Примечание:

\* В скобках приведены верхняя и нижняя границы неопределенности.

\*\* Расчет выполнен для данных по чувствительности альбедного дозиметра из работы [3].

\*\*\* Расчет для данных по чувствительности альбедного дозиметра [4].

## Выводы и заключение

Представленные методы учета условий облучения индивидуальных дозиметров нейтронов альбедного типа (ДВН-А-01 и ДВГН-01) позволяют решить проблему внедрения их в практику ИДК.

Тестирование методов получения поправки с использованием измерений в опорных полях реактора ИРТ позволяет сделать следующий вывод:

- Измерение спектров нейтронов или такой характеристики поля нейтронного излучения, как удельная AMBIENTная доза, позволяет получить поправку на энергетическую зависимость чувствительности дозиметра.

▪ Расчетный метод менее точен и может служить больше для качественной оценки поправки. Если при проведении ИДК учитывать степень изменения поправочного коэффициента в зависимости от места облучения, то представленный способ обеспечивает приемлемое значение фактора неопределенности определения индивидуального эквивалента дозы внешнего нейтронного облучения, которое составляет 2 [7].

Данная работа выполнялась по заказу концерна Росэнергоатом

В заключение авторы выражают благодарность В.П. Крючкову за поддержку работы, а А.В. Санникову за конструктивную критику, П.Ф. Масляеву и О. Суманееву за предоставленные материалы, Н.Н. Бараненкову, Е.Г. Спинову, Е.В. Косьяненко, Н.В. Киряковой за выполнение измерений.

### Литература

- [1] А.Г. Алексеев, Н.Н. Бараненков, Г.И. Бритвич и др. – Препринт ИФВЭ 2003-9, Протвино, 2003.
- [2] МУ-2.6.1.45-2001 «Дозиметрия. Определение индивидуальных эффективных доз нейтронного излучения», Минатом и ФУМБиЭП «Медбиоэксрем». – Москва, 2001.
- [3] Determination of Operational Dose Equivalent Quantities for Neutrons. ICRU Report 66. Journal of the ICRU, V.1, N3, 2001.
- [4] А.Г. Алексеев, Н.Н. Бараненков, Ю.В. Быстров и др. – Препринт ИФВЭ 2000-35, Протвино, 2000.
- [5] Г.И. Бритвич и др. – Препринт ИФВЭ 90-48, Серпухов, 1990.
- [6] А.Г. Алексеев, Н.Н. Бараненков, В.П. Крючков и др. – Препринт ИФВЭ 99-25, Протвино, 1999.
- [7] МУ-2.6.1.25-2000 «Дозиметрический контроль внешнего профессионального облучения. Общие требования», Минатом и ФУМБиЭП «Медбиоэксрем». – Москва, 2000.

*Рукопись поступила 14 марта 2003 г.*

А.Г. Алексеев, В.Н. Лебедев. Исследование методических вопросов использования индивидуальных дозиметров нейтронов альбедного типа.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы *Word*.

Редактор Н.В.Ежела.

Технический редактор Н.В.Орлова.

---

Подписано к печати 19.03.2003. Формат 60x84/16. Офсетная печать.  
Печ.л. 1,25. Уч.-изд.л. 1. Тираж 130. Заказ 31. Индекс 3649.  
ЛР №020498 06.04.97.

---

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий,  
142284, Протвино Московской обл.

