

Замедление нейтронов точечного источника в системе двух сред с плоской границей раздела

И. А. КОЗАЧОК, В. В. КУЛИК, В. И. ПИРОГОВ

УДК 539.125.523

Рассмотрена стационарная задача о замедлении нейтронов точечного моноэнергетического источника в двух средах с плоской границей раздела. Задача формулируется с помощью дифференциального уравнения, имеющего область применимости значительно более широкую, чем возрастное приближение. В частности, оно справедливо и для водородсодержащих сред.

Задача решается в цилиндрической системе координат. Граница раздела сред совпадает с плоскостью $z = 0$, источник единичной мощности расположен в точке $z = z_0$, $\rho = 0$. Исходная система уравнений имеет вид

$$\left(\frac{\partial}{\partial t_i} - \lambda_{si}^2 \frac{\partial^2}{\partial t_i^2} - \Delta \right) \frac{\xi_i v}{l_{si}} N_i =$$

$$= \delta_{i1} \frac{\delta(\rho)}{2\pi\rho} \delta(z - z_0) \delta(t_1), \quad i = 1, 2. \quad (1)$$

Здесь индексы 1 и 2 относятся к средам, находящимся в полупространствах $z > 0$ и $z < 0$ соответственно; N — плотность нейтронов; t — модифицированный возраст нейтронов; λ_s^2 — постоянная величина; v и l_s — скорость и свободный пробег нейтронов; ξ — средняя логарифмическая потеря энергии нейтроном при упругом рассеянии на ядре.

Граничные условия на поверхности раздела сред следуют из требования непрерывности плотности нейтронов и нормальной составляющей потока нейтронов для всех энергий:

$$N_1 = N_2; \quad \langle D_1 \rangle \frac{\partial N_1}{\partial z} = \langle D_2 \rangle \frac{\partial N_2}{\partial z} \quad \text{при } z = 0. \quad (2)$$

Здесь

$$\langle D_i \rangle = \frac{\int \frac{l_{si}^2 du}{3\xi_i (1 - \mu_i)}}{\int \frac{l_{si} du}{\xi_i}}, \quad i = 1, 2,$$

где u — летаргия; μ — средний косинус угла рассеяния при одном столкновении нейтрона с ядром.

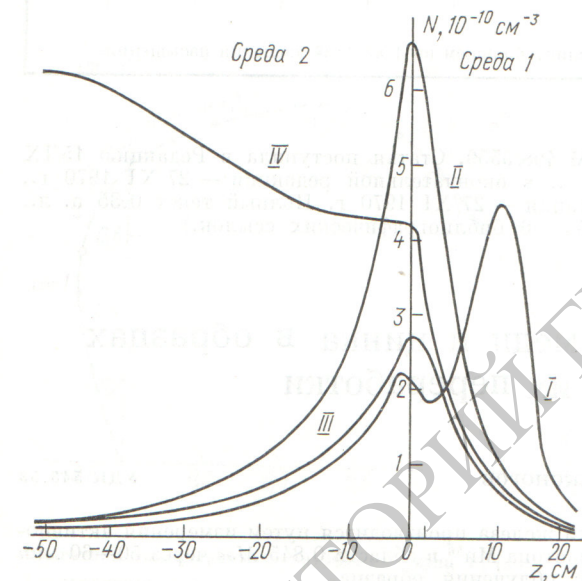
Решение поставленной задачи имеет вид:

$$N_1 = n_1(\rho, z - z_0, t) - n_1(\rho, z + z_0, t) + C_1(\rho, z, z_0, t); \quad N_2 = C_2(\rho, z, z_0, t), \quad (3)$$

где n — решение исходного уравнения для безграничной среды; C_1 и C_2 — выражения, записанные в виде интегралов, позволяющих провести численные расчеты.

На рисунке приведено распределение нейтронов моноэнергетического источника ($E = 5.44$ Мэв), замедленных до энергии индиевого резонанса ($E = 1.44$ эв), для различных положений источника в системе двух сред.

(№ 500/5569. Поступила в Редакцию 14/VII 1970 г. Полный текст 0,4 а. л., 1 рис., 6 библиографических ссылок.)



Распределение замедленных нейтронов в системе двух сред: H_2O (1) и SiO_2 (2).

I — $z_0 = 12$ ($N \times 2$); II — $z_0 = 2$; III — $z_0 = -8$; IV — $z_0 = -48$ ($N \times 20$).

Оптимизация формы теневой защиты от поверхностного источника нейтронов методом Монте-Карло

В. Л. ГЕНЕРОЗОВ, В. А. САКОВИЧ

УДК 621.039.538.7

В работе представлены результаты оптимизации формы теневой радиационной защиты от поверхностного источника моноэнергетических нейтронов с использованием метода Монте-Карло для расчета дозы и ее первых производных по варьируемым параметрам защиты.

Оптимизация проводилась для цилиндрического и дискового поверхностных источников нейтронов

с косинусоидальным угловым распределением и начальной энергией 8 Мэв. Образующая аксиально симметричной теневой защиты, как и в работе [1], аппроксимировалась ступенчатой линией, причем варьированию подвергались высоты каждой ступени. Исходная форма защиты из полиэтилена (толщина ее 30 см) была плоской. Отыскивался минимум дозы нейтронного излучения,

усредненной по круговой защищаемой области, соосной с источником и удаленной от него на значительное расстояние (13 м). Вес защиты сохранялся постоянным.

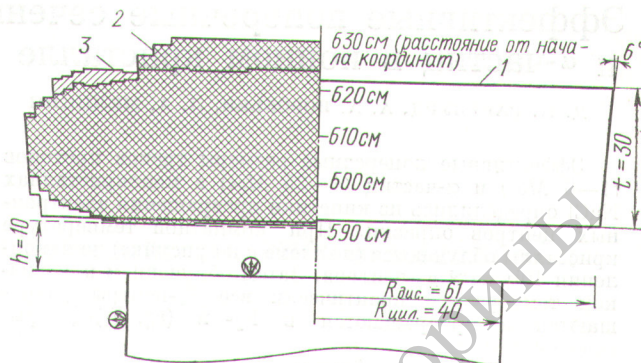
Для оптимизации использовался метод градиентного программирования [2, 3]. Вес защиты и производные веса по варьируемым параметрам вычислялись из геометрических соотношений. Величины дозы нейтронов в определенных точках защищаемой области рассчитывались методом Монте-Карло по способу определения «локального потока» [4]. Производные дозы нейтронов по варьируемым параметрам определялись одновременно с вычислением дозы в соответствии с методом, предложенным в работе [5].

При разыгрывании случайных историй нейтронов учитывалась анизотропия упругого рассеяния нейтрона и сброс энергии при неупругом рассеянии. Ошибка в расчете дозы после разыгрывания 4000 историй составляла около 5%. Соответствующая ошибка в расчете производных дозы равна 10–30%.

При оптимизации защиты от цилиндрического источника после 11 итераций доза снизилась на 25%. При оптимизации защиты от дискового источника после четырех итераций доза уменьшилась на 35%.

Начальная форма защиты и формы, полученные в результате оптимизации, приведены на рисунке. Предложенная методика оптимизации формы теневого радиационной защиты позволяет существенно уточнить форму защиты даже при небольшом различии дозы, а также учесть геометрические ограничения, возникающие при реальном конструировании.

(№ 501/5921. Статья поступила в Редакцию 11/VI 1970 г., аннотация 10/II 1971 г. Полный текст 0,25 а. л., 2 рис., 8 библиографических ссылок.)



Форма защиты из полиэтилена, полученная в результате оптимизации, для поверхностного косинусоидального источника нейтронов:

1 — начальная форма защиты; 2 — конечная форма защиты для поверхностного цилиндрического источника после 11-й итерации; 3 — конечная форма защиты для дискового источника после четвертой итерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Л. Генерозов, В. А. Сакович. «Атомная энергия», 28, стр. 175 (1970).
2. R. Sheffield. Convair-Fort Worth Report. MR-N-486 (NARF-57-62T).
3. W. Stanford, R. Miller. TID-6302.
4. В. Р. Золотухин, С. М. Ермаков. В сб. «Вопросы физики защиты реакторов». Под ред. Д. Л. Бродера и др. М., Атомиздат, 1963.
5. М. З. Брайнина и др. «Ж. вычисл. матем. и матем. физ.», 7, № 4 (1967).

Пороговый детектор нейтронов Rh^{103}

И. И. ЛОМОНОСОВ, Е. И. ФИРСОВ, Н. Г. ЧЕРЕНДА

УДК 539.1.074.88

Реакция $Rh^{103}(n, n')Rh^{103m}$ характеризуется весьма низким порогом, а функция возбуждения имеет резкий подъем в области энергий нейтронов 500 кэв, следовательно, применение Rh^{103} в качестве порогового детектора позволяет расширить диапазон измерения спектров быстрых нейтронов ядерных реакторов до области более низких энергий, вплоть до 500 кэв. Наиболее целесообразно для измерения активности Rh^{103} применить методику, развитую для регистрации низкоэнергетических излучателей [1].

В качестве мишени при облучении использовался водный раствор комплексного соединения триэтилендиамина родия нитрата. Активность измерялась путем регистрации конверсионных электронов одноканальным жидкостным сцинтилляционным счетчиком с фотоумножителем типа ФЭУ-42 и диоксановым сцинтиллятором. Эффективность счетчика рассчитывалась теоретически с учетом экспериментально определенной сцинтилляционной эффективности. Активность Rh^{103} идентифицировалась по кривой распада в спектральном интервале амплитуд импульсов, соответствующих энергии электронов 35 кэв.

В статье обсуждается возможный эффект адсорбции Rh^{103} на стенках сосуда для облучения и стенках кюветы из-за низкой концентрации родия в растворе и химиче-

ской неэквивалентности Rh^{103} до облучения и после облучения раствора. На основании многократных измерений с разными длительностями выдержек в сосуде для облучения и кюветы делается вывод, что упомянутый возможный эффект не проявляется.

Приводится интегральный спектр быстрых нейтронов, измеренный в вертикальном канале реактора ИРТ-2000 набором пороговых детекторов. Плотность потока нейтронов с энергией выше 0,5 Мэв, полученного с помощью родиевого детектора методом интегральных потоков, равна $2,1 \cdot 10^{12}$ нейтр/см²·сек при мощности реактора 2 Мвт. Таким образом, реальный спектр нейтронов в точке измерения обуславливает значение потока в рассматриваемом энергетическом интервале, на 20% превышающее значение потока, соответствующее спектру деления. Ошибка измерения потока оценивается в 10%.

(№ 503/5890. Статья поступила в Редакцию 18/V 1970 г., аннотация — 31/VII 1970 г. В окончательной редакции 31/VII 1970 г. Полный текст 0,15 а. л., 1 рис., 6 библиографических ссылок.)

ЛИТЕРАТУРА

1. И. И. Ломоносов, Л. Д. Сошин. Измерение трития. М., Атомиздат, 1968.