

УДК 539.122.172

Изучение факторов накопления рассеянного гамма-излучения в двухслойных цилиндрических блоках защиты

БРОДЕР Д. Л., КУЛИКОВ В. И., ПОПКОВ К. К.

В настоящей работе исследовалось поведение дозового фактора накопления рассеянного γ -излучения вблизи границы раздела двухслойного блока защиты, образованного цилиндрами одинакового радиуса, изготовленными из различных материалов.

Исследование выполнялось путем расчетов методом Монте-Карло по программе, возможности которой описаны в работе [1]. Для проверки работоспособности программы в условиях многослойных композиций защиты были рассчитаны несколько таких композиций, факторы накопления для которых изучались экспериментально [2, 3]. Расхождение между результатами расчетов и измерений не превышает 15%. На рис. 1 приведена зависимость дозового фактора накопления от толщины двухслойной защиты.

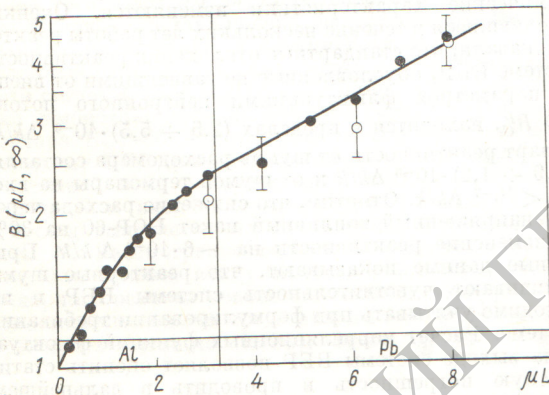


Рис. 1. Дозовый фактор накопления в защите, состоящей из слоев алюминия и свинца, при $E_0 = 6,4$ МэВ:

● — эксперимент [2]; ○ — расчет методом Монте-Карло

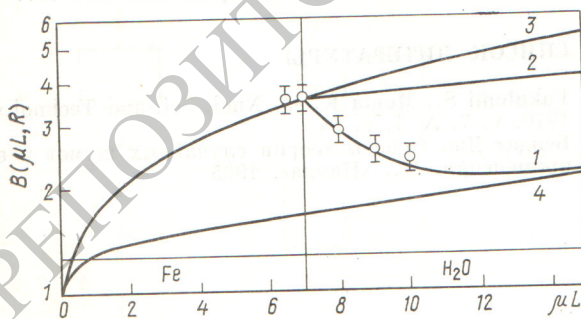


Рис. 2. Дозовый фактор накопления в двухслойной цилиндрической защите из железа и воды радиуса $R = \mu_{Fe}^{-1}$ при $E_0 = 2$ МэВ:

1 и 2 — расчет с помощью эмпирических рекомендаций работ [1, 4] и [1, 2] соответственно; 3 и 4 — расчет по приведенной формуле для однородной цилиндрической защиты из железа и воды соответственно; ○ — расчет методом Монте-Карло

В целях изучения факторов накопления в двухслойных цилиндрических блоках защиты, составленных из различных материалов, были проведены расчеты для ряда композиций различного радиуса, составленных из воды, графита, железа и свинца и облучаемых точечным изотропным источником с начальной энергией излучения $E_0 = 0,5 \div 8,0$ МэВ. Источник располагался на оси симметрии системы, вблизи торца композиции.

Была сделана попытка воспользоваться для описания зависимости факторов накопления от толщины и радиуса блоков защиты рекомендациями, предложенными для бесконечных гетерогенных барьеров в работах [2—5], с той лишь разницей, что вместо факторов накопления для бесконечных сред в формулы работ [2—5] подставляются их величины для цилиндрических блоков, рассчитанные с помощью выражения

$$B(\mu L, R) = B(\mu L, \infty) - [B(\mu L, \infty) - 1] \times \exp[-2,8/L + 1,3 \cdot 10^{-3} Z R],$$

где $B(\mu L, R)$ и $B(\mu L, \infty)$ — факторы накопления рассеянного γ -излучения для цилиндрического блока защиты радиуса R и для бесконечного барьера; L — длина

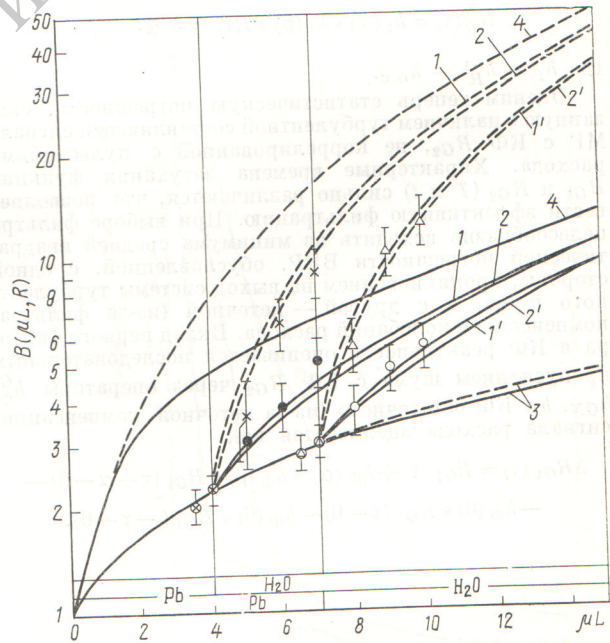


Рис. 3. Дозовый фактор накопления в двухслойной цилиндрической защите из свинца и воды при $E_0 = 1,0$ МэВ:

кривые — расчет с помощью полуэмпирических рекомендаций, точки — расчет методом Монте-Карло; ○, ● — $R = \mu^{-1} H_2O$; — — —, ×, △ — $R = \infty$; 1, 2, ●, × — $\mu L_{Pb} = 4$; 1', 2', ○, △ — $\mu L_{Pb} = 1$; 1, 1' и 2, 2' — расчет с помощью рекомендаций работ [1, 4] и [1, 2] соответственно; 3, 4 — однослойная защита из свинца и воды

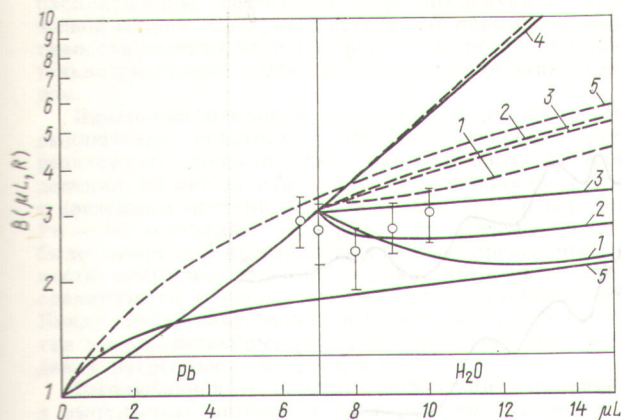


Рис. 4. Дозовый фактор накопления в двухслойной цилиндрической защите из свинца и воды ($\mu L_{Pb} = 7$):

кривые — расчет с помощью полуэмпирических рекомендаций; точки — расчет методом Монте-Карло; \circ — $R = \mu^{-1} H_2O$; — — — — $R = \infty$; 1, 2, 3 — расчет с помощью рекомендаций работ [1, 4], [1, 5] и [1, 2] соответственно; 4, 5 — однослойная защита из свинца и воды

блока; Z — порядковый номер элемента материала блока [4].

На рис. 2—4 представлены некоторые результаты, полученные с использованием этих рекомендаций. Анализ полученных данных показал, что эмпирические

формулы из работ [4, 5], использованные в совокупности с приведенным выражением, позволяют с удовлетворительной точностью аппроксимировать зависимость фактора накопления рассеянного γ -излучения в двухслойных цилиндрических блоках защиты от их радиуса. Расхождение результатов расчетов, проведенных с помощью эмпирических рекомендаций и методом Монте-Карло, не превышает 30% при толщине защиты $\mu L \leq 15$. Исключение составляют композиции, включающие свинец, в области $E > 3,0 \div 3,5$ МэВ. В этих случаях наилучшее соответствие достигается при использовании эмпирических формул работы [2] (наибольшие расхождения составляют около 30% при $\mu L = 10$, с ростом μL в области $\mu L > 10$ погрешность возрастает).

Следует предположить, что подобная закономерность наблюдается и для других материалов при энергии γ -излучения более высокой, чем минимум в ходе зависимости полного коэффициента ослабления от энергии.

Поступило в Редакцию 7/VII 1976 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бродер Д. Л. и др. «Атомная энергия», 1973, т. 35, вып. 6, с. 437.
2. Бродер Д. Л. и др. В кн.: Вопросы физики защиты реакторов. Вып. 1. М., Госатомиздат, 1963, с. 198.
3. Miyasaka Sh., Tsuruo A. «Nucl. Sci. and Technol.», 1966, т. 3, N 9, p. 393.
4. Бродер Д. Л. В кн.: Руководство по радиационной защите для инженеров. М., Атомиздат, 1972, с. 192.
5. Бюнеман Д., Рихтер Г. Там же, с. 186.

УДК 621.039.519:539.125.5.03

О применении в реакторных экспериментах источника нейтронов с управляемой интенсивностью

ЕЛОВСКИЙ О. А., МАТУСЕВИЧ Е. С., ТРЫКОВ О. А.

Появившиеся в последние годы разработки малотемпературных источников нейтронов с изменяемым на несколько порядков выходом нейтронов (выключающиеся источники) [1] могут быть широко использованы в реакторных экспериментах. Целью настоящей работы является иллюстрация возможности использования такого источника при измерении отрицательной реактивности. Выключающийся $Po - Be$ -источник* представлял собой цилиндрическую стальную герметичную ампулу размером 20×150 мм, в которой расположены собственно источник и электромагнит управления перемещением стержня из бериллия. Цилиндрическое кольцо из сплава, содержащего полоний, является активной частью источника. При подаче тока в электромагнит бериллиевый стержень вводится за время $\tau_{\phi} \approx 0,015$ с в кольцо. Частота включения — выключения источника может изменяться от 0 до 5 Гц. Интенсивность источника $\sim 10^6$ нейтр./с. Форма импульса и спектры нейтронов для включенного и выключенного

источников показаны на рис. 1, а, б. Отношение фона к эффекту (γ) составляет $\sim 0,013$, причем $\geq 70\%$ фона, по-видимому, обусловлено загрязнением поверхности бериллия плутонием, на что указывает близость спектров для включенного и выключенного источников при $E > 2$ МэВ.

Измерение отрицательной реактивности. Среди многих методов измерения отрицательной реактивности широко распространен метод сброса стержня [2]. В интегральном варианте этого метода после «сброса» измеряется интеграл по времени от счета детектора [3]. В рамках точечной модели кинетики реактора метод сброса аналогичен методу «стреляющего» источника [4], в котором одно показание детектора относится к подкритическому реактору с внешним источником, а другое — к реактору после «выстреливания» или «выключения» источника. Популярность метода сброса обусловлена в значительной мере тем, что он не предъявляет высоких требований к эффективности детектора.

У метода выключения источника есть, однако, существенное преимущество, заключающееся в его меньшей чувствительности к месту расположения детектора, которая обусловлена тем, что удаление (выключение) источника не связано с изменением состава

* Источник нейтронов с электромеханическим управлением интенсивностью разработан Н. Я. Скрипко и Г. А. Антоновым.