

ваемых моментов стремится к предельно возможному для данного числа подгрупп значению $2MN$. При этом, безусловно, все подгрупповые параметры будут положительными.

Примем в качестве нулевого приближения вектор α_0 , у которого все компоненты равны: $\alpha_x = 1/M$; $x = 1, 2, \dots, M$. В этом случае точно сохраняются $2N$ моментов полного сечения $\langle \sigma^n \rangle$ (так как $\sigma(E) = \sum_{x=1}^M \sigma_x(E)$, $\langle \sigma^n \rangle = \sum_{x=1}^M \langle \sigma_x \sigma^{n-1} \rangle$) и уже при мини-

мальном числе подгрупп ($N = 2$) возможно точно сохранить все наиболее важные моменты сечений: $\langle \sigma_x \rangle$, $\langle \sigma_x/\sigma \rangle$, $\langle 1/\sigma \rangle$, $\langle 1/\sigma^2 \rangle$. Если полученные для $N = 2$ подгрупповые параметры не удовлетворяют требованиям положительности и точности восстановления моментов $\langle \sigma_x/\sigma^2 \rangle$, $\langle \sigma_x \sigma \rangle$, необходимо перейти к большему числу подгрупп. Верхняя граница числа подгрупп N' определяется количеством моментов, сохранение которых должно гарантироваться данной системой подгрупповых констант. Может оказаться, что при $N = N'$ структура сечений все же отражена недостаточно подробно, например не все $a_i \sigma_{xi}$ положительны. В этом случае следует использовать возможности, заключенные в выборе вектора α . Предположим, что для некоторой реакции $x' a_i \sigma_{x'i} < 0$. Увеличивая соответствующую компоненту $\alpha_{x'}$ (при этом все остальные компоненты следует уменьшить, чтобы условие $\sum_{x=1}^M \alpha_x = 1$ не нарушилось), можно сделать все $a_i \sigma_{x'i}$

для данной реакции x' положительными. Очевидно, при $N = N'$ целесообразно также минимизировать с помощью α ошибку в восстановлении окаймляющих моментов.

В заключение обсудим вопросы о выборе n_i (минимального порядка базисных моментов в подпоследовательности $\{t_n(\alpha)\}$) и систем линейных уравнений для определения $a_i \sigma_{xi}$. При $N = 2$ целесообразно принять $n_i = -2$, так как в этом случае точно сохраняются моменты, необходимые для вычисления коэффициента диффузии и среднегрупповых блокирующих сечений гомогенной среды из рассматриваемого изотопа. Величины $a_i \sigma_{xi}$ должны быть определены из уравнений, в которые входят моменты с $n = -1$ и $n = 0$, что обеспечит соответственно точную нормировку вероятности

($\sum_{x=1}^M \langle \sigma_x/\sigma \rangle = \sum_{i=1}^N a_i = 1$) и сохранение средних сечений. Если $N = 3$, выбор $n_i = -3$ и добавление уравнения с моментом $\langle \sigma_x/\sigma^2 \rangle$ позволяет более

точно учесть зависимость среднегрупповых коэффициента диффузии и сечений реакций от концентрации изотопа в среде. Если $N = 4$, n_i стоит взять равным -4 и добавить в систему уравнений момент $\langle \sigma_x \sigma \rangle$. Такой выбор дает возможность изменять вектор α , так как точное сохранение всех наиболее важных моментов уже гарантировано.

При получении подгрупповых констант нейтронных сечений, по крайней мере до настоящего времени, обеспечить положительность подгрупповых параметров и разумную точность восстановления окаймляющих моментов удавалось при числе подгрупп, не превышающем 4.

Описанный выбор моментов и уравнений ориентирован на получение подгрупповых констант, предназначенных для расчета распространения нейтронов в средах. Для других целей (например, аппроксимации функций пропускания суммой экспонент) этот выбор может быть иным. Алгоритм получения подгрупповых параметров реализован в программе, написанной на языке АЛГОЛ-60. Осуществлена привязка к ряду программ, рассчитывающих моменты по детальному ходу сечений, по параметрам разрешенных резонансов, по средним резонансным параметрам.

Поступило в Редакцию 6/ХІІ 1972 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаев М. Н. и др. «Атомная энергия», 1970, т. 29, вып. 1, с. 11; 1971, т. 30, вып. 1, с. 5.
2. Николаев М. Н., Хохлов В. Ф. В сб.: Бюл. информ. центра по ядерным данным. М., Атомиздат, 1967, вып. 4, с. 420.
3. Николаев М. Н., Хохлов В. Ф. В сб.: Ядерные константы. М., Изд. ЦНИИатоминформ, 1972, вып. 8, ч. 2, с. 119.
4. Абагян Л. П. и др. Групповые константы для расчета ядерных реакторов. М., Атомиздат, 1964.
5. Абагян Л. П. и др. См. [2], с. 392.
6. Bramblett R., Czirr J. Nucl. Sci. and Engng, 1969, v. 35, p. 350.
7. Николаев М. Н. и др. Методика расчета групповых сечений в области неразрешенных резонансов. — «Труды трехстороннего советско-бельгийско-голландского симпозиума по некоторым проблемам физики быстрых реакторов». М., Изд. ЦНИИатоминформ, 1970, т. 1.
8. Ахизер Н. И. Классическая проблема моментов. М., Физматгиз, 1961, гл. 1, 2.
9. Беллман Р. Введение в теорию матриц. Приложение В. М., «Наука», 1969.

Радиационный контур с генератором активности из плоских трубчатых элементов на реакторе ИРТ Томского политехнического института

ГЕФСИМАНСКИЙ Е. П., КУЗНЕЦОВ С. А., КУЛАГИН Ю. Г., САХАРОВ Е. С., СКОРИКОВ А. Г., ЧУЧАЛИН И. П.

УДК 621.029.573

Известно, что в гомогенных системах поглотитель — замедлитель эффективнее использования поглотителя выше, чем в гетерогенных, вследствие снижения самоэкранирования ядер поглотителя и увеличения значений резонансного интеграла. Распространяя это

явление на генератор активности радиационных контуров (РК), можно путем создания в них квазигомогенных систем из чередующихся слоев рабочего вещества РК (поглотителя) и замедлителя существенно повысить эффективность использования дорогостоя-

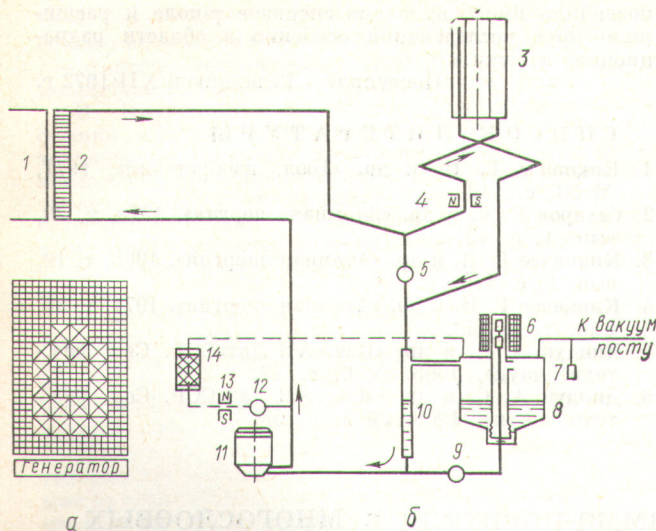


Рис. 1. Рабочая загрузка активной зоны (а) и технологическая схема радиационного контура (б):

мелкая штриховка — бериллий; крупная штриховка — топливо; 1 — активная зона; 2 — генератор активности; 3 — подвижный облучатель; 4, 13 — магнитные расходомеры; 5, 9, 12 — электромагнитные клапаны; 6 — уровнемер с дифференциально-трансформаторным датчиком; 7 — лампа ЛТ-2; 8 — сборник-хранилище; 10 — расширитель; 11 — электромагнитный кондукционный насос; 14 — фильтр.

щего γ -носителя и получить улучшенные мощностные параметры РК по сравнению с полученными в контурах с блочными генераторами [1]. С 1967 г. на реакторе ИРТ Томского политехнического института (ТПИ) эксплуатировался индий-галлий-оловянный радиационный контур, в котором применялся двухслойный генератор активности [2]. Хотя двухслойная система не обеспечивает столь высокой степени гомогенизации γ -носителя в замедлителе, как это можно ожидать при большем числе слоев, тем не менее параметры радиационного контура с двухслойным генератором значительно выше, чем у аналогичного контура с однослойным [3]. Еще эффективнее оказался радиационный контур с четырехслойным генератором [4]. Создание квазигомогенных генераторных систем из трубчатых элементов γ -носителя освещено в работах [5—6].

В 1970 г. двухслойный генератор активности реактора ТПИ заменен на многослойной, состоящий из плоских трубчатых элементов. С 1971 г. контур находится в постоянной эксплуатации. На рис. 1, а, б показана технологическая схема контура и картограмма загрузки активной зоны, обусловившая приведенные ниже характеристики контура.

Новый генератор активности (рис. 2) позволяет достичь еще более высокой «гомогенизации» поглотителя в среде замедлителя, в результате чего получена более высокая мощность γ -излучения при меньшем объеме γ -носителя (1350 против 1550 см³ в работе [2]). Змеевик генератора, образуемый 22 плоскими элементами (длина 500, ширина 62 и толщина 2 мм; объем γ -носителя в элементе 61,5 см³), перпендикулярными к грани активной зоны с шагом в среднем 22 мм, заключен в кожух с автономной системой охлаждения. При обычном режиме работы реактора (2—3 Мвт) нет

необходимости в принудительном охлаждении, и вода внутри кожуха путем конвекции перемешивается с водой бассейна реактора.

Уменьшение запаса реактивности за счет работы контура не превышает 0,08%, что объясняется малой (за счет геометрии размещения слоев) концентрацией ядер поглотителя в ближних к активной зоне слоях отражателя.

Элементы, составляющие генератор, соединены последовательно. Параллельное соединение нецелесообразно, так как для достижения номинала мощности контура следует в этом случае поддерживать большие скорости циркуляции, чтобы избежать застоя (или чрезмерной задержки) γ -носителя в отдельных параллельных ветвях, возникающего из-за гидравлической неидентичности элементов.

Изменения в схеме относятся, в основном, к хранилищу γ -носителя. Теперь оно не участвует непосредственно в рабочем режиме циркуляции, а служит лишь для хранения γ -носителя при остановках реактора или прекращении эксплуатации контура. Следовательно, в нем может храниться любое необходимое количество γ -носителя для облучателей различных объемов. При заполнении контура из хранилища забирается ровно столько сплава, сколько необходимо для заполнения всех узлов контура. Такие конструкция и схема подключения хранилища упростили смену облучателей: не надо догружать сплав (или, наоборот, удалять его из контура), чтобы сохранить минимальным «вредный» объем. Все клапаны в контуре электромагнитные и управляются дистанционно. Облучатель подвижный и может быть убран в защитный бокс. В контур включен тракт фильтрации, функционирующий по необходимости и позволяющий периодически очищать сплав на фильтре с засыпкой фарфоровых колец Рашига.

Рабочие характеристики радиационного контура

Генерируемая активность	6 · 10 ⁴ г-эв/Мвт
Объем γ -носителя в генераторе	1350 см ³
Объем γ -носителя в облучателе	2400 см ³

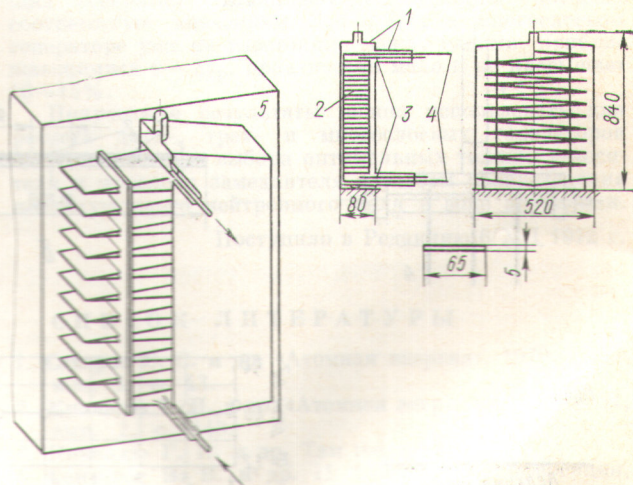


Рис. 2. Генератор активности из плоских трубчатых элементов:

1 — защитный кожух; 2 — змеевик; 3 — термпары; 4 — коммуникация; 5 — активная зона.

Полный объем γ -носителя в контуре	4400 см ³
Активность в облучателе	$3,3 \cdot 10^4$ э-эке/Мет
Размеры облучателя:	
высота	400 мм
внутренний диаметр	78 мм
внешний диаметр	118 мм
Мощность дозы в центре облучателя	750 р/сек·Мет
Рабочий расход γ -носителя по контуру	5 см ³ /сек
Максимальная температура в генераторе (на мощности реактора 3 Мвт)	75° С

Таким образом, ныне действующая установка существенно отличается от предыдущей мощностью и более простым устройством. Увеличение мощности контура при одновременном сокращении количества γ -носителя

позволило иметь высокоинтенсивное γ -поле и расширило круг исследований особенно в области радиационной физики.

Поступило в Редакцию 6/ХІІ 1972 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кикнадзе Г. И. и др. «Бюл. изобретений», 1974, № 30, с. 112.
2. Сахаров Е. С. и др. «Атомная энергия», 1970, т. 29, вып. 1, с. 43.
3. Кикнадзе Г. И. и др. «Атомная энергия», 1965, т. 19, вып. 2, с. 176.
4. Кикнадзе Г. И. и др. «Атомная энергия», 1971, т. 31, вып. 2, с. 143.
5. Диндун А. С. и др. «Изв. АН ЛатвССР. Сер. физ.-техн. наук», 1968, № 6, с. 42.
6. Диндун А. С. и др. «Изв. АН ЛатвССР. Сер. физ.-техн. наук», 1969, № 3, с. 53.

Взаимное экранирование слоев гамма-носителя в многословых генераторах активности радиационных контуров

САХАРОВ Е. С., ЧУЧАЛИН И. П.

УДК 621.039.573:621.039.553

В настоящее время при создании радиационных контуров получают все большее распространение многословые генераторы активности, в которых отдельные слои γ -носителя чередуются с прослойками замедлителя [1, 2]. В связи с этим предпринимаются попытки экспериментального изучения процессов генерирования активности нейтронными полями реакторов в таких многословых композициях [3].

Если коэффициент взаимного экранирования слоев γ -носителя в системе поглотитель — замедлитель определить как отношение средней активности слоя в многословой композиции к средней активности слоя в условиях отсутствия остальных, то

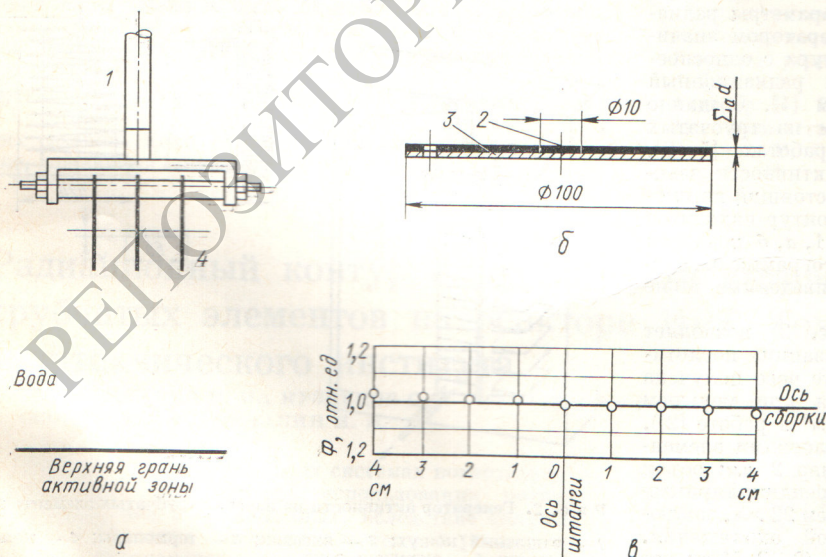
$$f_{в.э} = \frac{\bar{A}}{A_{од}} = \frac{\bar{\Phi}}{\Phi_{од}}$$

где \bar{A} , $\bar{\Phi}$ — средняя удельная активность и средний поток нейтронов активации в слоях γ -носителя, расположенных в многословом генераторе; $A_{од}$, $\Phi_{од}$ — средняя удельная активность и средний поток нейтронов активации в случае одиночного слоя в тех же замедлителе и нейтронном поле.

Зная $f_{в.э}$, можно рассчитать значение генерируемой активности в многословых генераторах:

$$R_{ГА} = \bar{\Phi}_0 \Sigma_{акт} V_{ГА} f_{в.э}$$

где $\bar{\Phi}_0$ — средний невозмущенный поток в зоне активации



Р и с. 1. Расположение модельных сборки в бассейне реактора (а), элемент сборки (б) и распределение потока тепловых нейтронов в зоне активации модельных сборок (в):

1 — штанга; 2 — детектор (из индия); 3 — подложка (из оргстекла); 4 — расположение элементов сборки в ячейке для облучения.