

P2-2002-113

С. А. Бзнути¹, А. Полянский², А. Г. Соловьев,
А. Н. Соснин

**ПРОГРАММА LATTICE
ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ МИШЕНЕЙ
С ГЕТЕРОГЕННОЙ (РЕШЕТОЧНОЙ) СТРУКТУРОЙ**

¹Ереванский государственный университет, Армения
E-mail: bznuni@armenia.com

²Институт ядерных проблем им. А. Солтана, Польша

1. Введение

В настоящее время для изучения свойств таких сложных и дорогостоящих систем, какими являются электроядерные устройства, широко применяется математическое моделирование. Одним из программных средств, моделирующих взаимодействия и перенос заряженных частиц и нейтронов в среде таких систем, является программный комплекс CASCAD [1].

Надо заметить, что в существующей реализации программного комплекса CASCAD в случае рассматривания сред с решеточной структурой, в частности подкритических реакторов, управляемых ускорителем, производится гомогенизация среды с учетом находящихся в данной зоне горючего, теплоносителя и конструкционных материалов. Однако для более точного моделирования характеристик электроядерных систем, в частности коэффициента размножения нейтронов $k_{эфф}$ и спектра, от которых зависит безопасность и трансмутационный потенциал таких систем, необходимо задавать решеточную структуру среды.

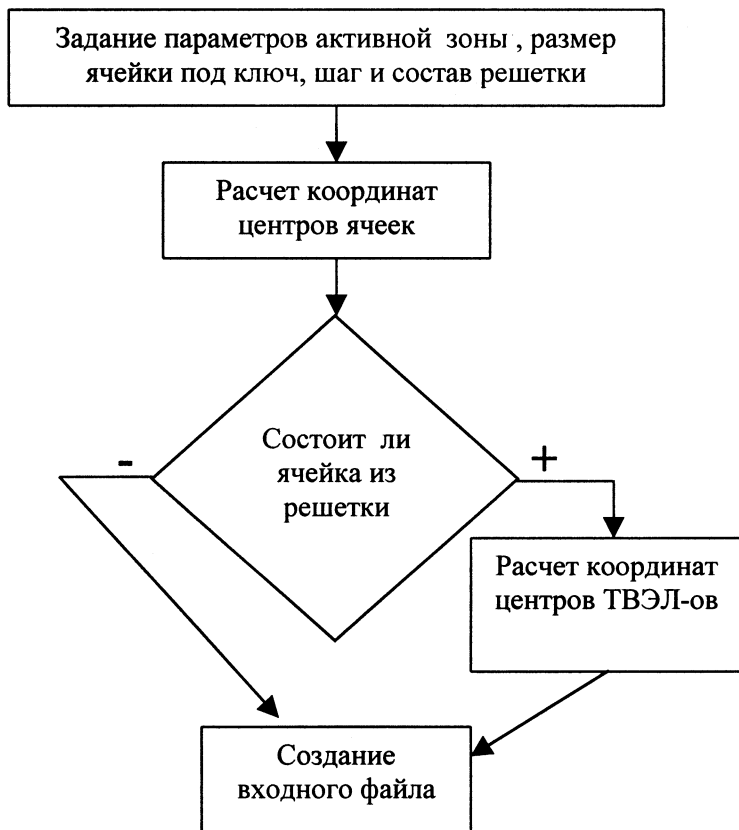
В настоящей работе дано описание программы LATTICE, с помощью которой задается решеточная структура среды. Надо заметить, что имеющаяся реализация программного комплекса CASCAD позволяет в принципе рассматривать решеточную структуру, при этом координаты составных элементов должны задаваться в входном файле вручную. Трудность при этом состоит в количестве составных элементов, число которых для стандартных твердотельных реакторов составляет десятки тысяч. К этому надо добавить, что настоящая реализация программного комплекса CASCAD требует описания химического состава каждого составного элемента.

Нами была разработана программа LATTICE на языке C++, которая при задании пользователем параметров решетки генерирует описание геометрии и композиции составных элементов в формате входного файла [2,3] для программного комплекса CASCAD.

Ниже приводится описание алгоритма, используемого программой LATTICE, а также результаты моделирования электроядерной системы на расплавленных солях с учетом решеточной структуры.

2. Алгоритм

Алгоритм программы LATTICE организован следующим образом:



Пользователем задаются параметры активной зоны и характеристики решеточной структуры, после чего программа генерирует файл с описанием геометрии `Geometry.dat` и файл `Material.dat` с описанием химической композиции составных элементов геометрии.

3. Результаты моделирования

Нами были промоделированы основные характеристики упрощенного варианта электроядерной системы ($R=57\text{см}$, $H=104\text{см}$) на основе жидкосолевого реактора MSBR-1000 [4]. Рассматриваемую систему моделировали как в гомогенном приближении, так и с учетом решеточной структуры с идентичными составами – $\text{LiF-BeF}_2\text{-ThF}_4\text{-}^{233}\text{UF}_4$ (71,7-16-12-0,3 мол %). В качестве замедлителя промоделировали графитовые шестигранные блоки с размером под ключ 10,2 см, в центре которых расположены каналы с радиусом 1,81 см, по которым прокачивается соль. Коэффициент размножения нейтронов $k_{эфф}$ изменяли варьированием молярной доли $^{233}\text{UF}_4$. Пучок протонов с энергией 1ГэВ входит в активную зону и напрямую бомбардирует топливную соль.

С помощью программы LATTICE создали входной файл, описывающий решеточную структуру blankets. На рис.1 представлена решеточная структура, созданная программой LATTICE.

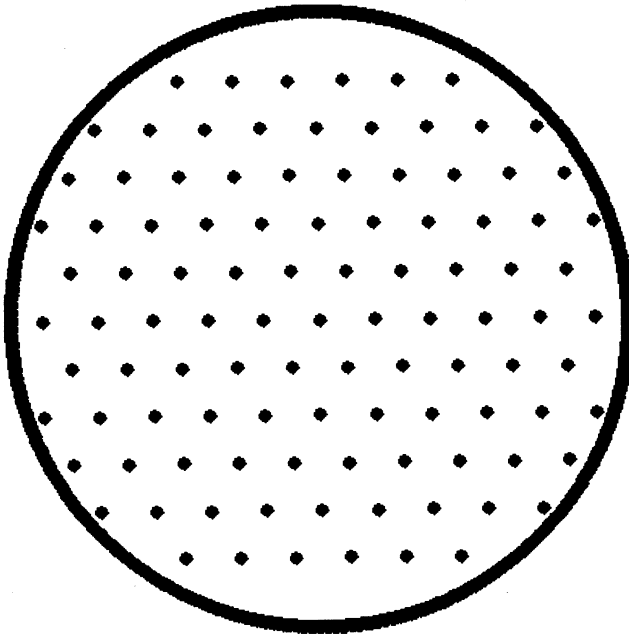


Рис 1. Решеточная структура, созданная программой LATTICE. Точки соответствуют центрам топливных каналов

В табл. 1 представлен нейтронный баланс при гетерогенном, а в табл. 2 - для гомогенного варианта расчета системы с идентичными геометриями и топливными композициями.

Таблица 1. Нейтронный баланс для гетерогенного варианта расчета (с учетом решеточной структуры)*

	Упругое рассеяние	Поглощение	Неупругое рассеяние	Деление
$k_{эфф}=0.88263\pm 0.00446$ (0,3% ^{233}U)				
^{233}U	1299	1051	13.33	8307
^{232}Th	27380	6071	126.5	20.56
Be:	16500	18.34	51.36	0
Li:	14290	10.84	298.5	0
$k_{эфф}=0.93368\pm 0.00403$ (0,35% ^{233}U)				
^{233}U	2690	2003	22.64	15330
^{232}Th	46750	9935	2256	41.25
Be:	28000	30.32	100.9	0
Li:	24980	21.51	518.5	0

Как видно из результатов расчета для рассмотренной системы при переходе от гомогенной к гетерогенной структуре происходит увеличение $k_{эфф}$ примерно на 6%, т.е. проявляется блок-эффект [5, 6].

Таблица 2. Нейтронный баланс для гомогенного варианта расчета*

	Упругое рассеяние	Поглощение	Неупругое рассеяние	Деление
$k_{эфф}=0.831140\pm 0.00493$ (0,3% ^{233}U)				
^{233}U :	931.2	710.3	7.911	5751
^{232}Th :	21640	5593	857.7	11.57
Be:	12250	10.33	41.6	0
Li :	10650	8.718	186.8	0
$k_{эфф}=0.8851\pm 0.00456$ (0,35% ^{233}U)				
^{233}U :	1472	1104	13.75	8323
^{232}Th :	28600	7164	1193	20.82
Li:	16210	21.71	50.35	0
Be :	14370	9.889	241.4	0

* данные представлены для 200 налетающих протонов

Рост $k_{эфф}$ обусловлен двумя факторами.

Во-первых, в системе растет число делений на ^{232}Th , так как поток быстрых нейтронов, вызывающих деление ^{232}Th , в топливном канале выше, чем усредненный по объему поток быстрых нейтронов, соответствующий гомогенному случаю. В частности, для рассмотренной системы в гетерогенном варианте расчета происходит рост числа делений на торий в 1,77-1,98 раз при варьировании молярной доли $^{233}\text{UF}_4$ от 0,03 до 0,035%.

Во-вторых, рост $k_{эфф}$ обусловлен тем, что при гетерогенном размещении топлива резонансное поглощение в ^{232}Th , приводящее к потере нейтронов, значительно уменьшается по сравнению с гомогенной системой, имеющей такой же состав. Противоположной тенденцией является уменьшение коэффициента использования тепловых нейтронов ϑ , связанное с увеличением отношения средних потоков тепловых нейтронов в графите и топливном канале.

4. Заключение

Создана программа LATTICE, с помощью которой для программного комплекса CASCAD можно описать решеточную структуру.

Показано, что для рассмотренной системы при переходе от гомогенной структуры к гетерогенной при сохранении химического состава происходит рост $k_{эфф}$ примерно на 6%.

Литература

- [1]. Barashenkov V.S. *Monte Carlo simulation of ionization and nuclear processes initiated by hadron and ion beams in media.* - Comp. Phys. Comm., 2000, v. 126, p. 28–31.
- [2]. Барашенков В.С., Соловьев А.Г., Соснин А.Н. *Алгоритм расчета пересечений частиц зон в гетерогенной среде.* Сообщения ОИЯИ P2-98-221
- [3]. Барашенков В.С., Соловьев А.Г., Соснин А.Н. *Моделирование точки взаимодействия и потерь энергии каскадной частицы в веществе мишени.* Сообщения ОИЯИ P2-99-125

- [4]. **Дементьев Б.А.** *Ядерные энергетические реакторы.* М. Энергоатомиздат, 1996.
- [5]. **Фейенберг С.М., Шихов С.Б., Троянский В.Б.** *Теория ядерных реакторов.* Москва, АтомИздат, 1978
- [6]. **Белл Д., Глестон С.** *Теория ядерных реакторов.* Москва, АтомИздат, 1974

Получено 20 мая 2002 г.

Бзнуни С. А. и др.

P2-2002-113

Программа LATTICE для расчета параметров мишеней с гетерогенной (решеточной) структурой

Создана программа LATTICE на языке C++, с помощью которой для программного комплекса CASCAD можно описать решеточную структуру.

Показано, что для моделируемой электроядерной системы на основе жидкофазного реактора с графитовым замедлителем при переходе от гомогенной структуры к гетерогенной при сохранении химического состава происходит рост $k_{\text{эфф}}$ примерно на 6 %.

Работа выполнена в Лаборатории информационных технологий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2002

Перевод авторов

Bznuni S. A. et al.

P2-2002-113

Program LATTICE for Calculation of Parameters of Targets with Heterogeneous (Lattice) Structure

Program LATTICE, with which help it is possible to describe lattice structure for the program complex CASCAD, is created in the C++ language. It is shown that for model-based electronuclear system on a basis of molten salt reactor with graphite moderator at transition from homogeneous structure to heterogeneous at preservation of a chemical compound there is a growth of k_{eff} by approximately 6 %.

The investigation has been performed at the Laboratory of Information Technologies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2002

Корректор *Е. В. Сабаева*

ЛР № 020579 от 23.06.97.

Подписано в печать 03.06.2002.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 0,38. Уч.-изд. л. 0,33. Тираж 425 экз. Заказ № 53345.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.