

АННОТАЦИЯ ПРОГРАММЫ ПРАКТИНЕК

Дается описание программы одногруппового кинетического расчета кластерной ячейки типа РБМК методом поверхностных псевдоисточников в G_N^P -приближении.

CODE ПРАКТИНЕК ABSTRACT. The code for the transport calculation of one-group neutron flux in the RBMK-cell by the Surface Pseudo-Sources method in the G_N^P -approximation is described.

1. НАЗВАНИЕ ПРОГРАММЫ

ПРАКТИНЕК. Одногрупповой кинетический расчет кластерной ячейки типа РБМК методом поверхностных псевдоисточников в G_N^P -приближении.

2. ЭВМ

БЭСМ-6.

3. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассматривается кластерная ячейка типа РБМК, в которой квадратная внешняя граница заменена эквивалентной по площади окружностью. На внешней границе используется условие "сток на бесконечности", которое по результатам расчета близко к условию изотропного отражения нейтронов [1]. В пределах каждой зоны сечения рассеяния, поглощения и источники нейтронов постоянны. Рассеяние нейтронов на ядрах — изотропное. На внешней границе ячейки можно задавать либо втекающий, либо вытекающий интегральный ток нейтронов.

Рассчитываются средние по зонам потоки нейтронов, потоки и токи нейтронов на границах зон ячейки, вероятности нейтрону поглотиться в каждой зоне и коэффициент использования тепловых нейтронов.

4. МЕТОД РЕШЕНИЯ

Внутри кластерной ячейки (см. рисунок) решается кинетическое двумерное уравнение

$$\mu \frac{\partial \Psi(\rho, \alpha, \mu, \varphi)}{\partial \rho} + \frac{(1 - \mu^2) \cos^2 \varphi}{\rho} \frac{\partial \Psi}{\partial \mu} + \frac{\mu \sin 2\varphi}{2\rho} \frac{\partial \Psi}{\partial \varphi} + \frac{(1 - \mu^2)^{1/2} \cos \varphi}{\rho} \frac{\partial \Psi}{\partial \alpha} + \Psi = \frac{c}{4\pi} \int \Psi(\rho, \alpha, \vec{\Omega}') d\vec{\Omega}' + q(\rho), \quad (1)$$

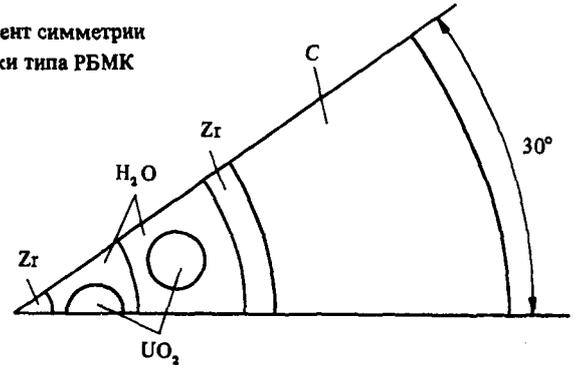
где $\Psi(\rho, \alpha, \mu, \varphi)$ — двумерная функция распределения нейтронов, α — азимутальный угол (угол между $\vec{\rho}$ и осью x), $\mu = \cos \theta$, $\theta = \arccos(\vec{\Omega} \cdot \vec{\rho})$, $\vec{\Omega}$ — направление полета нейтрона, $\vec{\rho}$ — радиус-вектор в плоскости (xy) , проведенный в точку расположения нейтрона, φ — угол между плоскостями $(\vec{\Omega} \cdot \vec{\rho})$ и (xy) ; c — число

вторичных нейтронов на столкновение; $q(\rho)$ — объемный источник нейтронов, постоянный в каждой зоне кластерной ячейки. На внешней границе выполняется условие

$$\int_{\Omega} \Psi(\rho, \alpha, \vec{\Omega}') (\vec{\Omega}' \cdot \vec{n}) d\vec{\Omega}' = I, \quad (2)$$

т.е. задается интегральный ток нейтронов интенсивностью I нейтр./ (см.с).

Элемент симметрии ячейки типа РБМК



Для решения уравнения (1) с граничным условием (2) используется метод поверхностных псевдоисточников (см. [1, 2]). В этом методе функция распределения нейтронов в каждой зоне кластерной ячейки записывается в виде

$$\Psi_i(\rho, \alpha, \vec{\Omega}) = \frac{q_i}{\Sigma_a^i} + \sum_{j=1}^{J_i} \sum_{p=0}^P \sum_{n=0}^N \sum_{n'=1,3}^N \sum_{m=0, \dots, n}^N \sum_{m'=0, \dots, n'}^N G_{p'n'm'}^{pnm} \times (\rho/\rho_j) \left\{ \begin{matrix} \cos p\alpha \\ \sin p\alpha \end{matrix} \right\} Y_n^m(\vec{\Omega}) g_{p'n'm'j} \cdot \left\{ \begin{matrix} \cos p'\alpha' \\ \sin p'\alpha' \end{matrix} \right\} Y_{n'}^{m'}(\vec{\Omega}'), \quad (3)$$

где Σ_a^i — сечение поглощения материала зоны i ; j — номер поверхности зоны i ($1 \leq j \leq J_i$);

$$G_{p'n'm'}^{pnm}(\rho/\rho') = \int_{\alpha} \int_{\alpha'} \int_{\vec{\Omega}} \int_{\vec{\Omega}'} d\alpha d\alpha' d\vec{\Omega} d\vec{\Omega}' G(\rho, \alpha, \vec{\Omega}/\rho', \alpha', \vec{\Omega}') \times \left\{ \begin{matrix} \cos p'\alpha' \\ \sin p'\alpha' \end{matrix} \right\} \left\{ \begin{matrix} \cos p\alpha \\ \sin p\alpha \end{matrix} \right\} Y_{n'}^{m'}(\vec{\Omega}') Y_n^m(\vec{\Omega}) -$$

моменты двумерной функции Грина для однородной бесконечной среды с материалом выделенной зоны i ;

$$g_{p'n'm'j} = \int_{\alpha'} \int_{\vec{\Omega}'} d\alpha' d\vec{\Omega}' g(\rho_j, \alpha', \vec{\Omega}') \left\{ \begin{matrix} \cos p'\alpha' \\ \sin p'\alpha' \end{matrix} \right\} Y_{n'}^{m'}(\vec{\Omega}') -$$

Моменты поверхностного псевдоисточника, расположенного в зоне i на поверхности с номером j ($1 \leq j \leq J_i$);

$$Y_n^m(\vec{\Omega}) = P_n^m(\vec{\Omega}) \begin{Bmatrix} \cos m\varphi \\ \sin m\varphi \end{Bmatrix} -$$

сферические функции.

Формула (3) использовалась для функций распределения нейтронов кластерных зон (под кластерными зонами понимаются кольцевые зоны ячейки с топливными блоками и сами топливные блоки). В цилиндрических зонах ячейки (под цилиндрическими зонами понимаются кольцевые зоны без топливных зон, например циркониевая труба или графитовая зона), с учетом высокого порядка симметрии и того факта, что в практических расчетах можно ограничиться начальными приближениями, функция распределения нейтронов переходит в цилиндрически-симметричную и принимает вид

$$\Psi_i(\rho, \vec{\Omega}) = \frac{q_i}{\Sigma_a^i} + \sum_{j=1}^{J_i} \sum_{n=0}^N \sum_{\substack{m=0, \dots, n \\ m'=1, 3 \\ m''=0, \dots, n'}} G_{n'm''}^{n'm'}(\rho/\rho_j) \times \\ \times g_{n'm_j} Y_n^m(\vec{\Omega}) Y_{n'}^{m'}(\vec{\Omega}'). \quad (4)$$

Формулы моментов функции Грина, входящих в (4), даны в [3]. Расчет функции распределения нейтронов вида (3) в кластерных зонах содержится в [2].

Ограничиваясь в разложении поверхностных псевдоисточников (см. формулы (3), (4)) моментами с номерами $n \leq N$ и $p \leq P$, приходим к G_N^P -приближению метода поверхностных псевдоисточников. Приравнивая на границах зон необходимое число моментов функции распределения нейтронов, приходим к системе алгебраических уравнений относительно моментов поверхностных псевдоисточников. Эта система уравнений имеет ленточный вид, поэтому решается методом матричной свертки (см. [2]).

Зная моменты поверхностных псевдоисточников, определяем потоки и токи нейтронов на границах зон. Из балансных соотношений определяем средние по зонам потоки нейтронов. Затем рассчитываем коэффициент использования тепловых нейтронов и вероятности нейтрону поглотиться в каждой зоне ячейки.

5. ОГРАНИЧЕНИЯ СЛОЖНОСТИ ЗАДАЧИ

Рассчитывается только кластерная ячейка типа РБМК с двумя рядами кластерных зон и с одинаковыми однородными топливными блоками. Число цилиндрических зон вне канала не более 15. Ограничения не принципиальные: изменив размерность соответствующих массивов, можно рассчитывать кластерные

ячейки с любым числом как кластерных, так и цилиндрических зон. Задача решается в \tilde{G}_1^0 -, G_3^0 -, \tilde{G}_1^1 - и G_3^1 -приближениях метода поверхностных псевдоисточников. В кластерной ячейке типа РБМК погрешность в средних по зонам потоках достигает в наиболее сложной задаче с втекающими через ее внешнюю границу токами нейтронов 50, 50, 6 и 1% в \tilde{G}_1^0 -, G_3^0 -, \tilde{G}_1^1 - и G_3^1 -приближениях соответственно. В задаче с объемными источниками, которая часто встречается на практике, погрешность достигает 14, 14, 6 и 1% в \tilde{G}_1^0 -, G_3^0 -, \tilde{G}_1^1 - и G_3^1 -приближениях соответственно.

6. ТИПИЧНОЕ ВРЕМЯ СЧЕТА

Время, затрачиваемое на расчет всей кластерной ячейки, составляет $\sim 1, 2, 3$ и 8 с в \tilde{G}_1^0 -, G_3^0 -, \tilde{G}_1^1 - и G_3^1 -приближениях соответственно.

7. ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММЫ

Программа ПРАКТИНЕК, в которой используется метод поверхностных псевдоисточников, позволяет рассчитывать кластерные ячейки типа РБМК с блоками, оптические толщины которых имеют большую величину (например, с "сильным" поглотителем). Программа не приспособлена для решения задач, в которых имеются зоны с "пустотами", или с зонами, имеющими материалы с малыми Σ_a/Σ_s ($\leq 10^{-4}$).

8. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ И СОПУТСТВУЮЩИЕ ПРОГРАММЫ

Используется несколько программ из библиотеки мониторинной системы "Дубна": программа решения системы алгебраических уравнений MATIN1 методом Гаусса с выделением главного элемента, система программ бесформатного ввода [4].

9. СОСТОЯНИЕ ПРОГРАММЫ

Программа находится в производственной эксплуатации и включена в ОФАП-ЯР. Постановка задачи и метод решения ее описаны в [1, 2].

10. ССЫЛКИ

1. Лалетин Н.И., Султанов Н.В. Развитие метода поверхностных псевдоисточников для расчета нейтронных полей в ячейках с пучком стержневых твэлов. — Атомная энергия, 1979, т. 46, вып. 3, с. 148.
2. Султанов Н.В. Развитие метода поверхностных псевдоисточников для расчета нейтронных полей в ячейках РБМК: Препринт ИАЭ-3005. — М., 1978.

3. Лалетин Н.И. Элементарные решения односкоростного уравнения переноса нейтронов. — В кн.: Методы расчета полей тепловых нейтронов в решетках реакторов/Под ред Я.В. Шевелева. — М.: Атомиздат, 1974, с. 155.
4. Владимирова Т.М., Городков С.С., Лиман Г.Ф. Программы бесформатного ввода на языке ФОРТРАН: Препринт ИАЭ-3085. — М., 1979.

11. ТРЕБОВАНИЯ К ЭВМ

Оттранслированная программа вместе с вспомогательными подпрограммами занимает ~ 1600 ячеек оперативной памяти ЭВМ БЭСМ-6.

12. ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ

ФОРТРАН-ГДР.

13. ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА

ОС ДИСПАК и "Дубна". Мониторная система "Дубна". Используется стандартная программа MATIN1 из библиотеки LIBRARY1, программа бесформатного ввода из библиотеки LIBRARY2, транслятор ФОРТРАН-ГДР.

14. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Объем текста программы ~ 1600 перфокарт. При необходимости программу можно сделать подпрограммой-функцией, изменив незначительно части программы, ответственные за ввод и вывод информации.

15. АВТОР ПРОГРАММЫ

Н.В. Султанов.

16. ИМЕЮЩИЕСЯ МАТЕРИАЛЫ

Магнитная лента с текстом программы (если требуется, то и оттранслированная программа), работа [2], содержащая описание метода решения задачи, контрольная задача.

17. РУБРИКИ И КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

В.

Статья поступила в редакцию
31 июля 1986 г.

Вопросы атомной науки и техники.
Сер. Физика и техника ядерных реакторов,
1987, вып. 8, с. 47 — 49.

УДК 621.039.5

АННОТАЦИЯ ПРОГРАММЫ ПРАКТИНЕП (AP)

Дается описание программы одногруппового кинетического расчета многозонной плоской ячейки методом поверхностных псевдоисточников в $G_1 - G_{1,1}$ -приближениях с учетом в разложении индикатрисы рассеяния по полиномам Лежандра до пяти членов.

CODE ПРАКТИНЕП (AP) ABSTRACT. The code for the transport calculation of one-group neutron flux with the five angular moments of the scattering cross-section in the multizone plane cell by the Surface Pseudo-Sources method in $G_1 - G_{1,1}$ approximation is described.

1. НАЗВАНИЕ ПРОГРАММЫ

ПРАКТИНЕП (AP). Одногрупповой кинетический расчет плоской ячейки методом поверхностных псевдоисточников в G_N -приближении с учетом в разложении индикатрисы рассеяния по полиномам Лежандра до пяти членов.

2. ЭВМ

БЭСМ-6.

3. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассматривается многозонная плоская ячейка, име-

ющая в каждой зоне постоянные изотропные источники нейтронов, постоянные сечения рассеяния и поглощения. Индикатриса рассеяния раскладывается в ряд по полиномам Лежандра. В этом ряду может быть оставлено до пяти членов.

Рассчитываются коэффициент использования тепловых нейтронов, средние по зонам потоки нейтронов, потоки, токи и вторые угловые моменты функции распределения нейтронов на границах зон, количество поглощенных нейтронов в каждой зоне ячейки.

4. МЕТОД РЕШЕНИЯ

В ячейке решается односкоростное уравнение с