

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

индикатрисой рассеяния, разложенной по полиномам Лежандра, для функции распределения $\Psi(x, \mu)$:

$$\mu \frac{\partial \Psi(x, \mu)}{\partial x} + \Sigma_{\text{tot}}(x)\Psi(x, \mu) = \Sigma_{s_0}(x) \sum_{k=0}^K b_k P_k(\mu) \times \Psi_k(x) + q(x), \quad (1)$$

где

$$b_k = \frac{1}{2\Sigma_{s_0}} \int_{-1}^1 \Sigma_s(\mu') P_k(\mu') d\mu'; \quad \Psi_k(x) = \frac{1}{2} \int_{-1}^1 P_k(\mu') \times$$

$$\times \Psi(x, \mu') d\mu';$$

q — плотность источников нейтронов.

Уравнение (1) решается методом поверхностных псевдоисточников [1]. Функция распределения нейтронов в зоне h представляется в виде

$$\Psi_h(x, \mu) = \frac{g_h}{\Sigma_a^h} + \sum_{n=0}^{\infty} P_n(\mu) \sum_{n'=1,3}^N \sum_{j=2h-2}^{2h-1} g_n^j G_n^n(x/x_j), \quad (2)$$

где Σ_a^h — сечение поглощения зоны h ; j — номер граничных поверхностей зоны h ($1 \leq h \leq H$); g_n^j — угловой момент поверхностного псевдоисточника зоны h , расположенного на поверхности с номером j ($1 \leq j \leq 2H - 2$); $G_n^n(x/x')$ — угловой момент функции Грина односкоростного кинетического уравнения для бесконечной однородной среды, материал которой совпадает с материалом зоны h [2].

Так как поверхностные псевдоисточники антисимметричны, то угловые моменты от них будут с нечетными номерами n' (см. формулу (2)). Угловые моменты функции Грина $G_n^n(x/x')$ имеют вид

$$G_n^n(x/x') = \left[\sum_{i=0}^M \frac{A_n(\nu_0^i) A_{n'}(\nu_0^i)}{N(\nu_0^i)} \exp(-|x-x'|/\nu_0) + \int_0^1 \frac{A_n(\nu) A_{n'}(\nu) \exp(-|x-x'|/\nu)}{N(\nu)} d\nu \right] \zeta, \quad (3)$$

где M — число дискретных значений ν_0^i ;

$$N(\nu_0^i) = c\nu_0^i \left\{ \frac{\alpha(\nu_0^i)^2}{2[(\nu_0^i)^2 - 1]} \right\} \sum_{m=0}^K \sum_{l=0}^K r_{ml} b_m b_l h_m \times \\ \times (\nu_0^i) h_l (\nu_0^i) - \frac{1}{2} \sum_{m=0}^K b_m [h_m(\nu_0^i)]^2 - \\ - \nu_0^i \sum_{\substack{m=2 \\ m-\text{четн.}}}^K b_m h_m(\nu_0^i) \sum_{\substack{l=1 \\ l-\text{неч.}}}^{m-1} (2l+1) h_l(\nu_0^i) - \\ - \nu_0^i \sum_{\substack{m=1 \\ m-\text{неч.}}}^K b_m h_m(\nu_0^i) \sum_{\substack{l=0 \\ l-\text{четн.}}}^{m-1} (2l+1) h_l(\nu_0^i); \quad (4)$$

$$r_{ml} = \begin{cases} 1, & \text{если } (m+l) - \text{четное,} \\ \nu_0^i, & \text{если } (m+l) - \text{нечетное;} \end{cases}$$

$$\zeta = \begin{cases} 1 & \text{при } x > x', \\ (-1)^{n+n'} & \text{при } x < x'; \end{cases}$$

$h_m(\nu)$ — полином порядка m . Эти полиномы вычисляются по рекуррентной формуле

$$(m+1)h_{m+1}(\nu) + \nu[cb_m - (2m+1)]h_m(\nu) + mh_{m-1}(\nu) = 0$$

$$c \quad h_0(\nu) = 1; \quad h_1(\nu) = \nu(1-c); \quad c = \frac{\Sigma_{s_0}}{\Sigma_{\text{tot}}};$$

$$N(\nu) = \nu \left\{ \left[1 - c\nu \sum_{m=0}^K b_m Q_m(\nu) h_m(\nu) \right]^2 + \left[\frac{c\nu}{2} \left(1 + \sum_{m=1}^K b_m P_m(\nu) h_k(\nu) \right) \right]^2 \right\};$$

$$A_n(\nu_0^i) = c\nu_0^i \sum_{m=0}^K b_m h_m(\nu_0^i) \begin{cases} P_m(\nu_0^i) Q_n(\nu_0^i) & \text{при } m \leq n; \\ Q_n(\nu_0^i) P_n(\nu_0^i) & \text{при } m > n; \end{cases}$$

$$A_n(\nu) = P_n(\nu) + c\nu \sum_{m=0}^{\min\{nn'\}} b_m h_m(\nu) [P_m(\nu) Q_n(\nu) - P_n(\nu) Q_m(\nu)].$$

Коэффициенты $A_n(\nu)$ — полиномы n -порядка, являющиеся линейной комбинацией полиномов Лежандра $P_n(\nu)$ и функций Лежандра второго рода $Q_n(\nu)$.

Для дискретных значений ν_0 функция $Q_n(\nu_0)$ вычисляется через гипергеометрическую функцию [3]. Ограничившись в формуле (2) числом N в разложении поверхностных псевдоисточников, приходим к G_N -приближению. Приравнявая на границах зон нужное число угловых моментов функции распределения (2), получим систему алгебраических уравнений. Решая ее, определяем все g_n . Затем рассчитываем по формуле (2) потоки, токи на границах зон, а также вторые угловые моменты функции распределения. Потом по балансным формулам рассчитываем средние по зонам потоки нейтронов, количество поглощенных в каждой зоне нейтронов и коэффициент использования тепловых нейтронов.

5. ОГРАНИЧЕНИЯ СЛОЖНОСТИ ЗАДАЧИ

Так как программа написана на языке АЛГОЛ, где используются динамические массивы, то пределы изменений вводимых данных довольно большие.

Ячейки могут рассчитываться до G_{11} -приближения метода поверхностных гармоник. В разложении индикатрисы рассеяния по полиномам Лежандра может быть оставлено до пяти членов. Эти ограничения не принципиальные: изменив размерность соответствующих массивов, можно рассчитывать ячейки и в более высоком G_N -приближении и с учетом большего числа членов в разложении индикатрисы рассеяния.

6. ТИПИЧНОЕ ВРЕМЯ СЧЕТА

Время, затрачиваемое на обсчет одной зоны ячейки, $\sim 1 \div 10$ с в зависимости от номера N G_N -приближения.

7. ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММЫ

Программа ПРАКТИНЕП(АР) является модификацией программы ПРАКТИНЕП. В обеих программах в плоской решетке решается односкоростное кинетическое уравнение методом поверхностных псевдоисточников в G_N -приближении. Программа ПРАКТИНЕП учитывает только изотропное рассеяние нейтронов на ядрах материалов зон. Программа ПРАКТИНЕП(АР) может учесть в разложении индикатрисы рассеяния по полиномам Лежандра до пяти членов. Во многих расчетах [5, 6] уже G_5 -приближение позволяет рассчитывать коэффициенты проигрыша двухзонных ячеек с погрешностью, меньшей 1%.

Имеется программа Ю.А. Власова [4], которая рассчитывает плоскую ячейку методом сферических гармоник в P_3 -приближении с учетом в разложении индикатрисы рассеяния до трех членов. Ограниченность P_3 -приближением снижает точность расчета, например, коэффициента проигрыша в двухзонной ячейке до 5 – 6% (см. [5, 6]).

8. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ И СОПУТСТВУЮЩИЕ ПРОГРАММЫ

Программа решения системы алгебраических уравнений методом Гаусса с выделением главного элемента INVERG включена в саму программу в виде процедуры.

9. СОСТОЯНИЕ ПРОГРАММЫ

Программа находится в производственной эксплуатации и включена в ОФАП-ЯР. Постановка задачи и метод решения описаны в [1, 5, 6].

10. ССЫЛКИ

1. Лалетин Н.И. Метод поверхностных псевдоисточников для решения уравнения переноса нейтронов (G_N -приближения). — В кн.: Методы расчета полей тепловых нейтронов в решетках реакторов. — М.: Атомиздат, 1974, с. 187.
2. Mika J.R. Neutron Transport with Anisotropic Scattering. — Nucl. Sci. Engng, 1961, vol. 11, p. 415.
3. Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов, произведений. — М.: Физматгиз, 1963.

4. Власов Ю.А. Решение кинетического уравнения в P_3 -приближении в плоской геометрии: Препринт ИАЭ-2513. — М., 1975.

5. Лалетин Н.И., Султанов Н.В., Власов Ю.А., Коняев С.И. Влияние анизотропии рассеяния на коэффициент использования тепловых нейтронов. — Атомная энергия, 1973, т. 34, вып. 6, с. 450.

6. Laletin N.I., Sultanov N.V., Vlasov Yu.A., Koniaev S.I. The Effect of the Anisotropic Scattering on the Thermal Utilization Factor. — Ann. Nucl. Sci. Engng, 1974, vol. 1, p. 333.

7. Maiorino J.R., Siewert C.E. On Multi-media Calculations in the Theory of Neutron Diffusion. — Ann. Nucl. Ener., 1980, vol. 7, p. 535.

11. ТРЕБОВАНИЯ К ЭВМ

Оттранслированная программа вместе с вспомогательными подпрограммами занимает в ЭВМ БЭСМ-6 ~ 4000 ячеек оперативной памяти (без учета массивов, отводимых программой под числа).

12. ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ

АЛГОЛ-ГДР.

13. ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА

ОС ДИСПАК и "Дубна". Используется система "Дубна". Транслятор АЛГОЛ-ГДР.

14. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Объем текста программы ~ 370 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 и с оттранслированной программой.

17. РУБРИКИ И КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

В.

Статья поступила в редакцию
31 июля 1986 г.

Вопросы атомной науки и техники.
Сер. Физика и техника атомных реакторов,
1987, вып. 8, с. 49 – 51.