

**Устойчивый алгоритм расчета
однотруппового коэффициента диффузии в
многозонной цилиндрической ячейке методом
поверхностных псевдо-источников**

Султанов Н.В.

НИЦ «Курчатовский институт»,
Москва, Россия,

e-mail: Sultanov_NV@nrcki.ru

Метод поверхностных гармоник

В этом методе решение уравнения переноса нейтронов в реакторе

$$\begin{aligned} & \Omega \nabla \Psi_g(r, \Omega) + \Sigma_{tg}(r) \Psi_g(r, \Omega) = \\ & = \sum_{g'=1}^G \int_{\Omega'} \Sigma_{sg \leftarrow g'}(\mu \cdot \mu') \Psi_{g'}(r, \Omega') d\Omega' + \sum_{g'=1}^G \nu \Sigma_{fg'} \Psi_{g'0}(r, \alpha) \end{aligned}$$

раскладывается внутри каждой ячейки по пробным функциям

$$\Psi(\omega) = \sum_{i=1}^I \sum_{k=0}^N a_{ik} \Psi_{ik}(\omega)$$

ОДНОГРУППОВОЙ РАСЧЕТ МНОГОЗОННОЙ ЯЧЕЙКИ МЕТОДОМ МАТРИЧНОЙ ФАКТОРИЗАЦИИ В МЕТОДЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПСЕВДОИСТОЧНИКОВ

Функция распределения $\Psi^z(r, \Omega)$ в методе поверхностных псевдо-источников в G_N^P -приближении в зоне z имеет следующий вид:

$$\Psi^z(r, \alpha, \Omega) = \sum_{pk} \sum_{nm} S_{pk}^z G_{pk}^{znm}(r, \alpha) Y_n^m(\Omega) + \sum_{j=1}^J \sum_{nm} \sum_{n'm'} g_{n'm'}^{zj} G_{n'm'}^{znm}(r, \alpha/r_j, \alpha_j) Y_n^m(\Omega)$$

$S_{pk}^z(r, \alpha)$ - функция, совпадающая с функцией источника в пределах зоны z и определенным образом продолженная вне ее;

$G_{n'm'}^{znm}(r, \alpha/r_j, \alpha_j)$ - угловые моменты функции Грина для однородной бесконечной среды с теми же сечениями, что и в зоне z ;

$g_{n'm'}^{zj}$ - угловые моменты поверхностных псевдо-источников зоны z , расположенные на j поверхности зоны z .

Приравнивая угловые моменты функции распределения вида на границе между первой и второй зонами получим следующее матрично-векторное уравнение:

$$\mathbf{A}_1 g_1 = \mathbf{A}_{23} g_{23} + \mathbf{B}^1(S_{pk}^1, S_{pk}^2),$$

где $A_{23} = [G_{n'm'}^{nm}(r_2/r'_2), G_{n'm'}^{nm}(r_2/r'_3)]$, $\mathbf{B}^1(S_{pk}^1, S_{pk}^2) = [-S_{pk}^{1nm}, S_{pk}^{2nm}]$

Для применения метода матричной факторизации преобразуем уравнение к виду

$$\mathbf{A}_{12} g_{12} = \mathbf{A}_3 g_3 + \mathbf{B}^1(S_{pk}^1, S_{pk}^2)$$

Решая уравнение относительно вектора , получим

$$g_{12} = \mathbf{A}_{12}^{-1} \mathbf{A}_3 g_3 + \mathbf{A}_{12}^{-1} \mathbf{B}^1(S_{pk}^1, S_{pk}^2)$$

на границе между второй и третьей зонами и получим следующее матрично-векторное уравнение

$$A_{23} g_{23} = A_{45} g_{45} + \mathbf{B}^2(S_{pk}^2, S_{pk}^3)$$

уравнение

$$A_3 g_3 = A_{45} g_{45} + \mathbf{B}_1^2(S_{pk}^1, S_{pk}^2, S_{pk}^3)$$

нейтронов определенному значению ток получим уравнение следующего вида

Устранение расходящихся особенностей

$$G_{n'm's}^{nms}(r/r') = \left\{ \begin{array}{l} \tilde{G}_{n'm's}^{nms}(r/r') + \\ + \sum_{l=1,3}^{\min[n,n']} \int_v \frac{A_{n'}^l(v) A_n^l(v) \Phi_{m'l}^{n',1}(r'/v) F_{m,l}^{n,1}(r/v)}{vN(v,l)} dv, \dots r' \leq r \\ \\ \tilde{G}_{n'm's}^{nms}(r/r') + \\ + \sum_{l=1,3}^{\min[n,n']} \int_v \frac{A_{n'}^l(v) A_n^l(v) F_{m'l}^{n',1}(r'/v) \Phi_{m,l}^{n,1}(r/v)}{vN(v,l)} dv, \dots r' > r \end{array} \right.$$

Подынтегральные выражения в этой формуле только с $l=1$ расходятся с особенностью $1/v$ при стремлении v к 0. Для устранения этой расходимости предложено взять сумму следующих угловых моментов пространственных компонентов функции распределения нейтронов $0,12\Psi_{11s} + 0,08\sqrt{6}\Psi_{31s}$, которая достигается суммированием соответствующих двух строк с соответствующими коэффициентами. В результате получен следующий элемент матрицы:

$$3/25 G_{11s}^{z11s}(r_i/r_j) + 2\sqrt{6}/25 G_{11s}^{z31s}(r_i/r_j)$$

Результаты расчетов ячеек

Таблица. Параметры ячеек

Тип Ячейки	Номер зоны	Внешний радиус, см	$\Sigma_{tr}, \text{см}^{-1}$	$\Sigma_a, \text{см}^{-1}$
I	1	0,68	0,6114	0,2455
	2	0,864	2,1318	0,0075
II	1	0,38	0,15604	0,01962
	2	1,27	0,136655	0,109716
III	1	4,4	1,117	0,11
	2	14,105	0,38091	0,00001

Таблица. Коэффициенты диффузии в ячейках

Тип ячей ки	D						
	ОРАР-Ц		ВЕНТ P_4, P_2	КОДИФ			
	Цили ндр	Шести гран		Изотропное отраж		Дополнит. вн. зона	
			$nSIN=0$ $G_3 [G_1]$	$nSIN=2$ $NF10=1$	$nSIN=0,$ $G_3, (G_1)$	$nSIN=2$ $NF1=1$	
I	0,294	0,309	0,272	0,3047 [0,2749]	0,3398	0,2503 (0,2212)	0,2883
II	5,800	2,429	4,702	4,128 [4,134]	4,090	4,516 [4,369]	2,540
III	0,853	0,853	0,855	0,9233 [0,9237]	0,9223	0,9329 [0,9272]	0,9299

Заключение

1. Разработан алгоритм расчета одногруппового коэффициента диффузии методом поверхностных псевдо-источников
2. Разработан алгоритм устранения расходимостей при расчете угловых моментов функции Грина
3. Проведено сравнение результатов расчета коэффициентов диффузии разными методами

СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ