

УДК 539.125.52:621.039.51.12

Применение метода Рунца к расчету теплового реактора

ПОБЕДИН В. В., ПТИЦЫН В. А., СИМОНОВ В. Д.

Изложена методика решения одногруппового уравнения диффузии нейтронов в тепловом реакторе, основанная на применении одного из вариационных методов — метода Рунца. Рассмотрен реактор мощности N , активная зона которого V близка к цилиндру и состоит из шестигранных топливных кассет, различающихся своими размножающими свойствами. Критичность реактора поддерживается с помощью гомогенно распределенного поглотителя.

Задача состоит в расчете по заданным глубине выгорания $\rho(r)$ и обогащению урана $e(r)$ таких нейтронно-физических характеристик, как эффективный коэффициент размножения нейтронов $K_{эф}$, распределение плотности потока нейтронов $\varphi(r)$ и энерговыделения $\psi(r)$, удовлетворяющих системе уравнений:

$$\Delta \varphi(r) + \frac{1}{M^2} \left\{ \frac{K[\rho(r), e(r), \psi(r)]}{K_{эф}} - 1 \right\} \varphi(r) = 0; \quad r \in V;$$

$$n \nabla \varphi(r) + d^{-1} \varphi(r) = 0; \quad r \in \Gamma; \quad (1)$$

$$\psi(r) = K[\rho(r), e(r), \psi(r)] \varphi(r), \quad r \in V; \quad \int \psi(r) dV = N;$$

$$\varphi(r) \geq 0.$$

Здесь M^2 — средняя площадь миграции нейтронов; n — внешняя нормаль к границе активной зоны Γ ; d^{-1} — константа, характеризующая граничные условия; Δ — оператор Лапласа.

Задача (1) решается в два этапа. Первый состоит в линеаризации ее с помощью итераций, несколько отличающихся от итераций источника. На втором этапе линеаризованная задача решается с помощью метода Рунца. Родство задачи (1) задаче на собственные значения оператора Лапласа в цилиндре (область слабо отличается от цилиндра) позволило выбрать в качестве

координатных собственные функции последней задачи. Приближенное решение линеаризованной задачи (1) находим в виде

$$\tilde{\varphi} = \sum_J c_J \varphi_J.$$

Неизвестные значения c_J находятся из системы Рунца с помощью следующей итерационной процедуры:

$$\lambda^p = \frac{A_{1,1}}{B_{1,1}} + \sum_{J_2 \neq 1} \frac{A_{1,J_2} - \lambda^{p-1} B_{1,J_2}}{B_{1,1} c_1^{p-1}};$$

$$c_{J_1}^p = - \frac{\sum_{J_2 \neq J_1} (A_{J_1, J_2} - \lambda^p B_{J_1, J_2}) c_{J_2}^{p-1}}{A_{J_1, J_1} - \lambda^p B_{J_1, J_1}}; \quad (2)$$

$$c_1^p = \frac{N}{Q_1} - \sum_{J \neq 1} Q'_J c_J^p,$$

где последнее рекуррентное соотношение получаем из четвертого уравнения системы (1).

Хорошая обусловленность матриц A_{J_1, J_2} , B_{J_1, J_2} обеспечивает быструю сходимость итерационного процесса (2) [3—4 итерации при погрешности до 1%].

Методика применена для расчета ВВЭР. Соответствующая программа позволяет рассчитывать средние по кассетам потоки и энергораспределения, эффективный коэффициент размножения нейтронов, а также кампанию реактора и критическую концентрацию поглотителя. Результаты расчетов сравниваются с более точными вычислениями.

(№ 948/9229. Поступила в Редакцию 12/IV 1977 г. Полный текст 0,4 а. л., список литературы 10 наименований).

УДК 621.039.73:66.074

Радиохроматографическая система очистки газов от радиоактивных загрязнений на АЭС с ВВЭР

НАХУТИН И. Е., ОЧКИН Д. В., ПИСЬМАН Б. Я., БАБЕНКО Е. А., КРАСИКОВ А. Н., ТРЕТЬЯК С. А., ХЛЮСТОВА Т. М.

В статье описывается радиохроматографическая установка, предназначенная для очистки газообразных отходов АЭС от радиоактивных загрязнений (см. рисунок). Основной узел системы — фильтр-адсорбер 1 с активным углем. Адсорбер рассчитан на работу при комнатной температуре в режиме «вечной» колонны без регенерации. В схеме предусмотрены предварительное охлаждение газа в теплообменнике 6, фильтрация от аэрозолей в самоочищающемся фильтре 5 и глубокая осушка на цеолитовых колоннах 3. В системе осушки остаточное влагосодержание очищаемого газа понижается до 0,1 г/м³. Регенерация цеолитовых колонн

осуществляется горячим атмосферным воздухом при помощи электронагревателя 2. После цеолитовой колонны регенерационный воздух охлаждается в теплообменнике 4. На АЭС с ВВЭР система газоочистки состоит обычно из двух или трех взаимозаменяемых ниток. Такая система на третьем и четвертом блоках НВАЭС при рабочем объеме адсорбера 20 м³ обеспечивает коэффициент очистки 10². Рабочий объем адсорбера 40 м³ на АЭС «Ловиса» (Финляндия) способствует задержке криптона в течение 10 сут, что с запасом обеспечивает необходимую очистку. Концентрация радиоактивных газов на выходе из системы во всех случаях значительно