

Теория замедления нейтронов в P_2 -приближении метода сферических гармоник

И. А. КОЗАЧОК, В. В. КУЛИК

УДК 539.125.523

С помощью P_2 -приближения выведено дифференциальное уравнение, описывающее пространственно-энергетическое распределение замедлившихся нейтронов. В этом же приближении получены и граничные условия.

Предполагалось, что справедливы следующие допущения:

1) в угловом распределении нейтронов вкладом третьего и высших моментов сферических гармоник можно пренебречь; 2) функция распределения изменяется плавно с изменением летаргии u ; на интервале, равном по порядку величины среднему логарифмическому декременту энергии ξ , это изменение практически линейно, а его относительная величина мала по сравнению с единицей; 3) сечения с изменением летаргии меняются плавно, и относительная величина их изменения на интервале порядка ξ мала по сравнению с единицей. Эти допущения менее жестки, чем аналогичные условия возрастной теории. Все остальные предположения, используемые при выводе уравнения, те же, что и в теории возраста [1].

Полученное уравнение имеет вид:

$$\frac{\partial X}{\partial \tau} - \lambda_s^2 \frac{\partial^2 X}{\partial \tau^2} - \Delta X = S(\mathbf{r}, \tau). \quad (1)$$

Здесь $X(\mathbf{r}, u) = \xi \psi(\mathbf{r}, u)$; ψ — плотность столкновений нейтронов; τ — модифицированный возраст; λ_s^2 — постоянная величина; S — функция источников; u — летаргия.

Граничные условия на поверхности раздела сред с различными замедляющими свойствами в P_2 -приближении имеют вид:

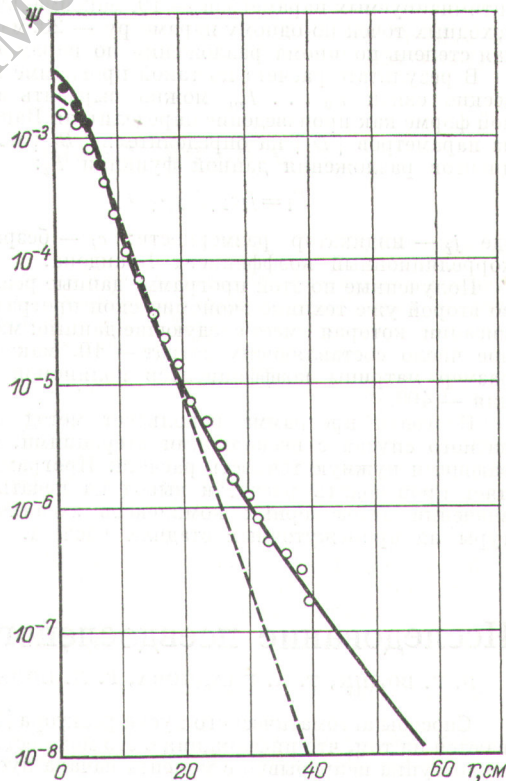
$$\left. \begin{aligned} & \Phi(r_0, u) + \frac{2}{5} \frac{l_s}{1-f_2^{(0)}} \times \\ & \times [\text{div } \mathbf{J}(\mathbf{r}, u) - 3 \text{grad}_n J_n(\mathbf{r}, u)]_{\mathbf{r}=\mathbf{r}_0} - \\ & \quad \text{— непрерывно;} \\ & J_n(r_0, u) \text{— непрерывно.} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Здесь Φ — поток нейтронов; \mathbf{J} — ток нейтронов; $\mathbf{r} = \mathbf{r}_0$ — поверхность раздела сред; l_s — свободный пробег нейтронов; $f_2^{(0)}$ — нулевой энергетический момент азотной гармоники функции рассеяния; индекс n обозначает нормальную к поверхности составляющую вектора.

На свободной поверхности среды получено граничное условие

$$\Phi(r_0, u) - 2J_n(r_0, u) + \frac{1}{4} \frac{l_s}{1-f_2^{(0)}} \times \\ \times [\text{div } \mathbf{J}(\mathbf{r}, u) - 3 \text{grad}_n J_n(\mathbf{r}, u)]_{\mathbf{r}=\mathbf{r}_0} = 0, \quad (3)$$

где J_n — составляющая \mathbf{J} по внешней нормали.



Экспериментальные данные распределения нейтронов деления U^{235} в воде для толстого (○) и тонкого (●) конвертеров [2]:

— расчетная кривая; - - - - - возрастное приближение.

Показано, что область применимости уравнения (1) значительно шире, чем возрастного уравнения. В частности, оно является хорошим приближением и для водородсодержащих сред.

Полученные с помощью уравнения (1) результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Иллюстрацией к сказанному может служить представленное на рисунке распределение плотности столкновений нейтронов точечного источника деления U^{235} , замедленных в воде до энергии индиевого резонанса, а также вычисленный для этого же случая квадрат

длины замедления нейтронов деления ($26,2 \text{ см}^2$), Po — Ве-источника ($57,2 \text{ см}^2$) и Na — Ве-источника ($13,0 \text{ см}^2$).

(№ 569/6528. Статья поступила в Редакцию 22/VII 1971 г.; аннотация — 5/X 1971 г. Полный текст 0,7 а. л., 3 рис., 16 библиографических ссылок.)

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Дэвисон. Теория переноса нейтронов. М., Атомиздат, 1960.
2. Л. Н. Юрова, А. А. Поляков, А. А. Игнатов. «Атомная энергия», 12, 151 (1962).

Многопараметрическая оптимизация АЭС с опреснительными установками мгновенного вскипания

Ю. Д. АРСЕНЬЕВ, Ю. С. БЕРЕЗА, С. В. РАДЧЕНКО, В. А. ЧЕРНЯЕВ

УДК 621.039.516.338.4

Преимущества технико-экономической оптимизации в безразмерном критериальном виде для сложных многопараметрических задач рассматривались в работах [1—3]. Приведены две рабочие программы в кодах машины «Минск-22М» («Минск-32»).

Физические взаимосвязи в объекте аппроксимируются методом Брандона [1,2] по первой программе, которая имеет следующие данные: максимальное число оптимизируемых параметров — 10, максимальное число исходных точек по одному параметру — 20, максимальная степень полинома разложения по параметру — 3.

В результате расчета по такой программе все физические связи $F_0 \dots F_m$ можно выразить в матричной форме как произведение определителя Вандермонда из параметров $|D|$ на определитель $|B_i|$ из коэффициентов разложения данной функции F_i :

$$F_i = j_i c_i |B_i| \cdot |D|,$$

где j_i — индикатор размерности; c_i — безразмерный корреляционный коэффициент Брандона.

Полученные по этой программе данные реализуются во второй уже технико-экономической программе оптимизации, которая имеет следующие данные: максимальное число составляющих затрат — 10, максимальный размер матрицы коэффициентов полиномов разложения — 400.

Итоговая программа использует метод покоординатного спуска с несколькими итерациями, обеспечивающими нужную точность расчета. Программа позволяет производить расчет и вывод на печать базовых значений безразмерных комплексов заданной структуры на промежуточных стадиях расчета.

Конечные формулы для расчетов имеют достаточно простой вид, для всех параметров они однообразны и записываются как миноры диагональных определителей, полученных из умножения двух определителей $|D| \cdot |B_i|$.

Приведен конкретный пример оптимизации двухцелевой АЭС с установками мгновенного вскипания. Оптимизировались: число испарительных ступеней, число ступеней для рециркуляции рассола, температура греющего пара, разность температур в конденсаторах испарительной ступени.

Важно подчеркнуть, что исходное солесодержание морской воды учитывалось аналогично оптимизируемым параметрам в матрице коэффициентов для физических связей. Это существенно расширило возможности предлагаемой методики.

(№ 570/6488. Поступила в Редакцию 28/VI 1971 г. Полный текст 1,4 а. л., 3 рис., 4 табл., 14 библиографических ссылок.)

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. Д. Арсеньев, С. В. Радченко, В. А. Черняев. «Атомная энергия», 28, 418 (1970).
2. Ю. Д. Арсеньев, Г. А. Москвичева. «Теплоэнергетика», № 428 (1971).
3. О. О. Казачковский и др. «Атомная энергия», 27, 183 (1969).

Исследование псевдослепого пуска ядерного реактора

Б. Г. ВОЛИК, Т. А. ГЛАДКОВА, Г. Л. ПОЛЯК

УДК 621.039.514.2

Способы автоматического пуска реактора [1] основываются на том, что информация о его мощности и периоде доступна непрерывно с момента начала пуска. Однако в реальных условиях в остановленном реакторе к началу пуска возможно падение мощности ниже величины, соответствующей чувствительности измерительной аппаратуры, что равносильно разрыву обратной связи регулятора пуска. Поэтому возникает вопрос об определении параметров регулятора, обеспечивающего пуск

реактора без срабатывания защиты из любого начального состояния. Процесс пуска может складываться из этапов пуска без обратной связи и с обратной связью. Такой процесс можно отнести к категории псевдослепого пуска [2—4]. Основное место в работе занимает исследование первого этапа*, задача которого сводится

* Второй этап достаточно полно изучен в работах [1, 5, 6].