АННОТАЦИИ

Численные методы расчета двумерных ядерных реакторов

Г. И. МАРЧУК, В. В. ПЕНЕНКО

УДК 621.039.51.12.134

В статье рассматривается решение задач физического расчета ядерных реакторов в двумерных геометриях. Объем G реактора предполагается конечной связной областью, состоящей из конечного числа зон, с внешней границей Γ. В основу расчета положено определение положительного, наибольшего по модулю собственного значения λ_1 и соответствующей ему неотрицательной собственной функции $\psi(\mathbf{r})$ системы многогрупповых диффузионных уравнений:

$$-\operatorname{div}\left[D^{g}(\mathbf{r})\operatorname{grad}\varphi^{g}(\mathbf{r})\right]+\Sigma^{g}(\mathbf{r})\varphi^{g}(\mathbf{r})= =\sum_{p<g}\Sigma_{pg}(\mathbf{r})\varphi^{p}(\mathbf{r})+\frac{1}{\lambda}\chi^{g}\psi(\mathbf{r}); \quad (1)$$

$$\psi(\mathbf{r})=\sum_{g=1}^{m}\left[\vartheta_{f}\Sigma_{f}(\mathbf{r})\right]^{g}\varphi^{g}(\mathbf{r}),\ \ \mathbf{r}\in G,\ \ g=1,\ 2,\ \ldots,\ m$$

(m — число энергетических групп) при условиях на границе

$$G_{1}^{g}(\mathbf{r})\frac{\partial\varphi^{g}(\mathbf{r})}{\partial n}+\varphi^{g}(\mathbf{r})=0,\ \ \mathbf{r}\in\Gamma. \quad (2)$$

Решение задачи вида (1), (2) осуществляется численными методами. Математической основой численных методов является теория неотрицательных матриц Перрона — Фробениуса. Для построения конечно-разностных аппроксимаций уравнений (1), (2) в области G вводится сеточная область G^h таким образом, чтобы линии сети совпали с линиями раздела зон и границей Γ.

Определяются λ_1 и ψ с помощью степенного метода двойных итераций в модификации В. К. Саульева. Для ускорения итераций применяются методы линейной экстраполяции и экстраполяции с использованием полиномов Чебышева. Во внутренних итерациях используются метод Янга — Франкела и метод Писмена — Рэкфорда.

Кроме задач вида (1), (2) рассматривается решение сопряженной задачи.

С целью экономии памяти ЭВМ при решении задач вида (1), (2) числа записываются по два в одну ячейку. В статье проведены оценки влияния погрешностей, возникающих в результате такого представления чисел.

В заключение приводится описание комплекса программ компилирующего типа, разработанного авторами, для физического расчета ядерных реакторов. Составляющие части комплекса: библиотека стандартных блоков, объединяющая программа-компилятор и управляющая программа. Основные параметры программ для решения задачи (1), (2) и сопряженной к ней: а) геометрия $(x,\ y)$, $(r,\ z)$, $(r,\ \theta)$; б) число зон $\leqslant 256$, из них отличающихся физическими характеристиками $\leqslant 63$; в) число узлов в сеточной области $N \leqslant 960$; г) число энергетических групп $\leqslant 26$.

№ 69/3435 Статья поступила в Редакцию 25/VIII 1965 г.; аннотация — 12/I 1966 г.

Влияние водяного и бериллиевого отражателей на критичность водородсодержащих урановых реакторов

Г. И. СИДОРОВ

УДК 621.039.513.5

Некоторые характеристики реакторов с отражателем в первом приближении можно определить при рассмотрении задачи для реактора без отражателя. Целесообразность такого рассмотрения обусловлена простотой математического описания «голого» реактора по сравнению с описанием реактора с отражателем. В частности, с введением эффективной добавки задача определения критичности реактора с отражателем сводится к аналогичной задаче для реакторов без отражателя.

Эффективная добавка представляет собой разность между размерами «голого» реактора и активной зоной реактора с данным отражателем плюс длина линейной экстраполяции. Эти величины могут быть рассчитаны и измерены. Однако значение длины линейной экстраполяции, точное измерение которой связано со значительными экспериментальными трудностями, обычно находится в результате расчета. Эта величина, строго говоря, зависит от энергии нейтронов, но для упрощения расчетов длину линейной экстраполяции принимают одинаковой для нейтронов всех энергий и равной значению, соответствующему основной части нейтронов.

Более доступно измерение влияния отражателя. Поэтому предпочтительнее использовать не расчетные, а экспериментальные значения этой величины.

В статье приведены результаты измерения влияния водяного и бериллиевого отражателей для тепловых реакторов с тепловыделяющими элементами высокого обогащения по U^{235}. В исследуемых системах величина отношения концентрации ядер водорода к концентрации ядер U^{235} варьировалась в пределах 165—492.

На основании результатов определения влияния водяного и бериллиевого отражателей предлагается метод, позволяющий оценивать по параметрам мультипликации влияние отражателей на критичность с помощью соотношений:

для водяного отражателя $\frac{\Delta k_{\text{эфф}}}{k_\infty - k_{\text{эфф}}} = 0{,}125$;

для бериллиевого отражателя $\frac{\Delta k_{\text{эфф}}}{k_\infty - k_{\text{эфф}}} = 0{,}324$,

где $\Delta k_{\text{эфф}}$ — надкритичность, создаваемая за счет «бесконечного» отражателя; $k_{\text{эфф}}$ — коэффициент размножения «голого» реактора; k_∞ — коэффициент размножения бесконечной среды.

№ 66/3495 Поступила в Редакцию 30/X 1965 г.

Параметрические уравнения динамики быстрого импульсного реактора

В. Ф. КОЛЕСОВ

УДК 621.039.526

Известные в настоящее время саморегулируемые быстрые импульсные реакторы выполнены из металлического урана или сплава урана с молибденом. Их действие основано на принципе теплового расширения активной зоны. Как было показано ранее [1], переходные процессы в таких реакторах можно воспроизводить в расчетах с помощью линейной теории упругости и возмущений реактивности.

В настоящей работе выведены параметрические уравнения динамики, применимые к реакторам указанного типа с различными составом и конфигурацией активной зоны. В общем случае система уравнений имеет вид

$$\frac{d^2p}{\partial\xi^2} = \left(1 - p - \sum_{i=1}^{k} v_i\right)\frac{\partial p}{\partial\xi};$$

$$\frac{d^2v_i}{d\xi^2} + \alpha_i^2 v_i = \alpha_i^2\delta_i p(\xi), \quad i = 1, 2, \ldots, k,$$

где p, ξ — безразмерные мощность реактора и время; α_i, δ_i — безразмерные параметры, а v_i характеризуют смещения.

Представлены результаты численного решения параметрических уравнений для наиболее характерных и простых случаев. Параметр α при этом изменяется от весьма малых значений, при которых справедливо аналитическое решение [2], полученное для предельно малых значений α, до достаточно больших значений, при которых применимо квазистатическое решение.

Приведены аналитические решения типичных при описании динамики быстрого импульсного реактора нестационарных задач термоупругости для сферической и цилиндрической оболочек, для полого шара и для кольцеобразного диска с произвольным временным распределением температуры. Решения этих задач необходимо знать как при формулировании уравнений динамики реактора, так и для определения возникающих в процессе импульса напряжений [1, 3]. Так как в большинстве случаев достаточно знать лишь амплитуду (максимальное значение) напряжений на стадии свободных колебаний, в статье приведены простые соотношения, выведенные на основе установленных зависимостей напряжений от формы импульса. При расчетах амплитуды напряжений с помощью этих формул достаточно знать лишь ширину импульса и полное энерговыделение за импульс.

Для оболочек вводится величина $\chi(t)$, равная отношению действительных напряжений в оболочке к тем напряжениям, которые имели бы место при полном отсутствии термического расширения. Амплитуда величины χ, χ_0 характеризует степень разгрузки напряжений за время развития импульса. Для всех рассмотренных оболочек

$$\chi_0 = \frac{\alpha^*\pi}{\operatorname{sh}\alpha^*\pi}; \quad \alpha^* = \frac{\omega T}{3{,}5255},$$

где ω — круговая частота колебаний оболочки; T — ширина импульса на половине высоты.

№ 61/3344 Статья поступила в Редакцию 21/VI 1965.; аннотация — 9/XII 1965 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Ф. Колесов. «Атомная энергия», **14**, 273 (1963).
2. А. Я. Крамеров, Я. В. Шевелев. Инженерные расчеты ядерных реакторов. М., Атомиздат, 1964.
3. D. Burgreen. Nucl. Sci. and Engng, **12**, 203 (1962).

К теории переноса нейтронов в средах со случайными неоднородностями

А. В. СТЕПАНОВ

УДК 621.039.51.12

Плотность нейтронов $G(x/x_0)$ в неоднородном замедлителе, рассеивающие свойства которого являются случайными функциями x, определяется из кинетического уравнения

$$\hat{A}(x)\,G(x/x_0) = -\delta(x - x_0), \tag{1}$$

содержащего случайный оператор $\hat{\mu}(x)$;