

## Пространственно-временные оптимизационные реакторные задачи

А. П. РУДИК

УДК 621.039.50

Рассматривается пространственно-временная оптимизационная задача: фазовые переменные зависят как от пространственного аргумента  $r$ , так и от времени  $t$ ; минимизируемый функционал имеет форму двойного интеграла от заданной функции по  $r$  и  $t$ ; управление также является функцией двух переменных.

Предполагается, что часть фазовых переменных удовлетворяет линейным дифференциальным уравнениям, содержащим производные только по  $t$  (например, концентрации различных изотопов), остальные переменные — линейным дифференциальным уравнениям, содержащим производные только по  $r$  (плотности нейтронов и их градиенты). В этом случае удается однозначно ввести гамильтониан задачи и определить сопряженные функции. Тогда оптимизационная задача может быть решена при помощи принципа максимума Л. С. Понтрягина.

Общий метод иллюстрируется на примере решения задачи оптимального (имеется в виду минимум времени или максимум выделяемой энергии) прохождения

«иодной ямы» при снижении мощности реактора. Для упрощения предполагается, что пространственное распределение нейтронов не меняется в течение переходного процесса. Путем введения моментов плотности нейтронов четырех типов (с весами соответственно концентраций  $I^{135}$  и  $Xe^{135}$ , ядерного горючего и единичей) удается преобразовать исходные уравнения к бесконечной системе зацепляющихся уравнений для функций, зависящих только от  $t$ . Эту систему уравнений можно решить с помощью теории возмущений, причем в каждом приближении оптимизационная задача сводится к хорошо изученной задаче для «точной модели», т. е. когда предполагается, что реактор можно характеризовать некими усредненными по пространству величинами.

(№ 323/4934. Статья поступила в Редакцию 13/VI 1968 г., аннотация — 14/V 1969 г. Полный текст 0,4 а. л., 15 библиографических ссылок.)

## Методы расчета стационарных режимов теплосъема в реакторах с помощью естественной циркуляции

Ю. Е. БАГДАСАРОВ, Е. П. ЛЕВИШИН, В. Н. ЛЕОНЧУК

УДК 621.039.566

Описан метод расчета стационарных режимов естественной циркуляции в многоконтурных ядерных энергетических установках с однофазным теплоносителем и протяженными по высоте теплообменными устройствами. Путем расчета температурного поля в теплообменниках\* с использованием метода последовательных приближений задача сводится к нахождению некоторой приведенной разности высот между центрами эффективного теплообмена и, как следствие, к задаче с точечными нагревателями и холодильниками в контурах. Для получения удовлетворительной точности требуется не более двух-трех приближений.

При небольшом общем расходе теплоносителя через активную зону распределение расхода в технологических каналах отличается от номинального вследствие изменяющихся в зависимости от скорости соотношений потерь на трение и на местных сопротивлениях, а также в связи с определяющим влиянием температур

теплоносителя по каналам на движущиеся напоры естественной циркуляции.

С помощью уравнения Бернулли, записываемого для каждой группы каналов с идентичными мощностными и гидравлическими характеристиками, задача нахождения величины развертки расхода решается двумя способами: графическим (точное решение) и приближенным аналитическим. Показано, что приближенное решение обеспечивает хорошую точность и менее трудоемко по сравнению с графическим способом.

Практический интерес представляет вопрос об устойчивости расхода через реактор в режиме естественной циркуляции при наличии неохлаждаемой и неотключаемой гидравлической петли первого контура. При некоторых упрощающих предположениях уравнения стационарного движения теплоносителя имеют вид

$$a_1 \frac{dG_1}{d\tau} + H\gamma_1 + A_1 G_1 + B_1 G_1 |G_1| = H\gamma_2 - A_2 G_2 - B_2 G_2 |G_2| - a_2 \frac{dG_2}{d\tau}; \quad (1)$$

\* М. А. Михеев. Основы теплоотдачи. М., Госэнергоиздат, 1956.