
1.2.1. Компьютерное моделирование нестационарных процессов в активной зоне реактора

1. Название работы

Компьютерное моделирование нестационарных процессов в активной зоне реактора

2. Физические предпосылки

Несмотря на значительный объем теоретических работ в области компьютерного моделирования процессов в активной зоне атомного реактора, выполненных после Чернобыльской катастрофы, в этой области имеется несколько нерешенных задач, интересных с математической стороны и имеющих большое прикладное значение. Одна из таких задач – моделирование так называемых контрастных структур, возникающих в активной зоне при наличии дисбаланса плотности нейтронов. Математическая модель плотности потока нейтронов в активной зоне уран-графитового реактора включает уравнение диффузии, записанное с учетом размножения и поглощения, уравнение для концентрации поглощающих примесей, записанное с учетом генерации примесей за счет реакции распада ядер урана и с учетом подавления примесей за счет нейтронного облучения. Система уравнений может также быть дополнена уравнениями, описывающими модель аппарата управления реактором. Эта система уравнений может при определенных начальных условиях иметь решение типа контрастной структуры. Известно, что за счет большого размера активной зоны уран-графитового реактора,

1. Курсовые работы 1.2. Нелинейные эволюционные уравнения
плотность потока нейтронов в различных регионах может значительно отличаться. Эти различия при определенных условиях приводят к образованию больших областей с увеличенной плотностью, разделяемых областями с уменьшенной плотностью потока нейтронов. Такие конфигурации называют контрастными структурами.

Понятие контрастной структуры является одним из основных в математической теории нелинейных эволюционных уравнений, которые описывают такие процессы, как химические реакции в неоднородных средах, процессы динамики популяций в биологии и экологии, процессы горения и взрыва, генерацию магнитных полей в турбулентных средах и многие другие. Контрастные структуры появляются также как решения некоторых нелинейных волновых уравнений. Термин "Контрастная структура" (КС) применяют в тех случаях, когда (1) решение задачи плавно зависит от координаты (или от координат в многомерном случае) в нескольких областях, называемых пятнами КС, расположенных внутри основной области,

(2) решение быстро изменяется на узких промежутках, разделяющих пятна КС (такие промежутки называются внутренними переходными слоями, ВПС).

Контрастные структуры могут быть статическими (в том случае, когда существует решение задачи типа КС, которое не зависит от времени) и динамическими (когда любое решение типа КС зависит от времени). Для статических КС основные математические проблемы

МГУ им М.В.Ломоносова Физический факультет, каф. математики

Быков А.А. Методы компьютерной математики

1. Курсовые работы 1.2. Нелинейные эволюционные уравнения сводятся к существованию, единственности и устойчивости решения, а также к построению функциональных рядов, в некотором смысле аппроксимирующих решение (так называемых асимптотических рядов). Положение динамических ВПС меняется со временем. Этот процесс называют дрейфом ВПС. Для динамических КС математические проблемы—существование, единственность, устойчивость, вычисление скорости дрейфа. Для динамических КС также важно построению асимптотических рядов, аппроксимирующих решение.

Рассматриваются одномерные и многомерные задачи, имеющие решения типа КС. Теория многомерных КС в настоящее время только создается.

Математические модели, приводящие к решениям типа КС, могут включать уравнение адвекции-реакции-диффузии, систему уравнений адвекции-реакции-диффузии, а также алгебраические уравнения, интегральные уравнения, интегро-дифференциальные уравнения в различных комбинациях.

В настоящее время происходит значимое расширение набора моделей, имеющих решения типа КС. Рассматриваются не только уравнения классических типов (параболические, гиперболические, эллиптические), но и значительно более сложные типы уравнений, например, так называемые псевдопараболические. Большое значение будет иметь в ближайшей перспективе исследование сильно нелинейных уравнений (таких, в которых старшие производные свходят в

1. Курсовые работы 1.2. Нелинейные эволюционные уравнения
уравнение в виде некоторых нелинейных функций от них).

Характерной особенностью уран-графитовых реакторов (реакторов Чернобыльского типа) является большой размер активной зоны реактора по сравнению с длиной свободного пробега нейтронов. Эта особенность позволяет применить для анализа динамики реактора методы асимптотического моделирования обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных с малым параметром при старших производных.

3. Цель работы

Создать, обосновать, исследовать математическую модель активной зоны уран-графитового реактора, используя теорию и компьютерную модель контрастной структуры.

4. Научная новизна

Математическая модель активной зоны уран-графитового реактора, основанная на теории контрастных структур, до сих пор не описана и не исследована.

5. Компьютерное моделирование

Выполнение дипломной работы предполагает компьютерное моделирование в значительном объеме с помощью языка программирования высокого уровня (например, C++), а также одного из математических инструментов, таких как MatLab, MathCad, Mathematica, Maple. Возможно также ограничиться

МГУ им М.В.Ломоносова Физический факультет, каф. математики

Быков А.А. Методы компьютерной математики

1. Курсовые работы 1.2. Нелинейные эволюционные уравнения только использованием математического инструмента.

6. Аналитическое моделирование

Возможно дальнейшее развитие данной работы в направлении аналитического исследования решения системы дифференциальных уравнений в частных производных методом асимптотического разложения решения в ряд по степеням малого параметра. Метод асимптотического разложения включает построение формальной асимптотики, построение так называемых нижнего и верхнего решений, обоснование формальной асимптотики с помощью так называемого метода дифференциальных неравенств.

7. Используемый математический аппарат

Компьютерная модель основана на численном методе решения задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Для выполнения курсовой работы достаточно знать основные приемы работы с математическим инструментом. Можно использовать MatLab, Mathematica, MathCad, Maple.

8. Возможности дальнейшего развития работы

Дипломная работа.