

**Темы научных работ,
предлагаемые кафедрой вычислительной математики
студентам, поступающим в 2018 году в магистратуру
по специальности 010404 «Прикладная математика»
(профиль «Математическое моделирование»)**

1. Моделирование кавитационных течений в тонких зазорах

Содержание работы.

Кавитация – это явление, при котором в потоке жидкости появляются полости, заполненные паром этой жидкости. Причина возникновения кавитации – резкое падение давления на отдельных участках потока. Целью работы является сравнение и исследование двух математических моделей учета кавитации при описании течений жидкости (смазки) в тонких слоях, ограниченных твердыми поверхностями. Методы исследования предполагаются как теоретическими (обоснование модели, методов расчета и т.д.), так и на основе вычислительных экспериментов при компьютерном моделировании гидродинамических подшипников, используемых, например, в качестве опор роторов компрессоров.

2. Высокоточные методы расчета собственных колебаний в одномерных средах

Содержание работы.

Целью работы является разработка, теоретическое и экспериментальное исследование (на основе вычислительных экспериментов) высокоточных методов решения задачи на собственные значения для обыкновенных дифференциальных уравнений, заданных на конечном отрезке или полуоси. Такие задачи возникают при математическом описании собственных колебаний разнообразных одномерных сред. Выполнение работы предполагает программную реализацию рассматриваемых методов (так называемых спектральных и псевдоспектральных методов) в среде MatLab в виде комплекса программ.

3. Адаптивный метод конечных элементов для моделирования стационарных диффузионных процессов в двумерных средах

Содержание работы.

Математические модели для описания стационарных диффузионных процессов в разнообразных средах сводятся к решению краевых задач для дифференциальных уравнений в частных производных эллиптического типа. Адаптивными называются такие методы, которые позволяют найти решение задачи с наперед заданной точностью. Разработка, теоретическое и численное исследование таких методов является целью работы. Выполнение работы предполагает программную реализацию рассматриваемых методов в среде MatLab в виде комплекса программ.

4. Моделирование резистивно-емкостных элементов радиотехнических устройств

Содержание работы.

Резистивно-емкостные элементы (RC-элементы) радиотехнических устройств изготавливаются как в составе интегральных микросхем, так и в виде отдельных компонентов. Целью работы является

разработка и исследование методов расчета u -параметров (передаточных функций) так называемых R-C-0-элементов. Такие элементы изготавливаются с помощью тонкопленочных технологий и представляют собой трехслойную конструкцию со структурами слоев вида R-C-0, где R – резистивный, C – диэлектрический, 0 – проводящие слои. Основой расчета является решение уравнения Гельмгольца с комплексным параметром в двумерной многосвязной области при смешанных краевых условиях Дирихле-Неймана для определения потенциала резистивного слоя. Выполнение работы предполагает программную реализацию рассматриваемых методов в среде MatLab в виде комплекса программ для расчета многополюсников произвольной формы.

5. Численное исследование геометрически нелинейной задачи об изгибе трехслойной пластины

Содержание работы.

Трехслойные конструкции широко применяют в аэрокосмической технике, судостроении, транспортном машиностроении, а также в строительстве, когда требуются повышенная жесткость и минимальная масса. Высокая удельная изгибная жесткость в трехслойных конструкциях достигается простым приемом разнесения на некоторое расстояние (за счет промежуточного легкого слоя заполнителя) двух жестких несущих слоев. Для решения геометрически нелинейной задачи об изгибе трехслойной пластины предполагается использовать итерационные методы, получить основные характеристики докритического напряженно-деформированного состояния пластины при различных видах закрепления и нагружения..

6. Численное исследование физически нелинейной задачи об изгибе трехслойной пластины

Содержание работы.

Трехслойные конструкции нашли широкое применение в качестве разного рода панелей и других конструктивных элементов. Трехслойную структуру имеют элементы остеклений (триплексы) самолетов и изделий судостроения, в которых материалы внешних слоев имеют упругие характеристики, на несколько порядков превышающие упругие характеристики материала среднего слоя (заполнителя). Работа посвящена исследованию задачи об изгибе трехслойной пластины с трансверсально-мягким заполнителем для физически нелинейного случая, соответствующего упруго-пластической модели для заполнителя (различные виды полимеров). Основное внимание будет уделено исследованию поведения пластины при достижении критической нагрузки, при которой появляются участки непрочекля.

7. Численное исследование решения задач теории фильтрации высоко-вязких жидкостей

Содержание работы.

В настоящее время во всем мире происходит ухудшение структуры запасов углеводородов и растет доля месторождений с трудноизвлекаемыми запасами, к которым относятся залежи в низкопроницаемых коллекторах и месторождения высоковязкой нефти. В таких залежах наблюдаются отклонения от линейного закона фильтрации Дарси, величина которых с уменьшением проницаемости становится значительной. Актуальность проблемы следует из слабой изученности течений неньютоновских жидкостей в пористых средах, особенно в случае многофазных фильтрационных течений. Работа направлена на решение задач подземной фильтрации высоко-вязких жидкостей жидкостей (в частности, нефтей) при наличии точечных источников, моделирующих скважины.

8. Эффективные методы решения краевых и начально-краевых задач на основе вейвлет-базиса.

Содержание работы.

Многие математические модели в различных областях науки (в физике, химии, биологии, биомеханики и др.) приводят к краевым и начально-краевым задачам, которые можно решить лишь с использованием компьютера, применяя специальные вычислительные процедуры. Одним из популярных численных методов решения этих задач является метод Галеркина на основе кусочно-полиномиального базиса. Этот хорошо разработанный на практике подход, называемый методом конечных элементов, обладает существенным недостатком – с увеличением точности расчета математической модели кусочными полиномами резко возрастает неустойчивость вычислений, что приводит в итоге к большим ошибкам. Устранить этот существенный недостаток можно, если использовать вейвлет-базис. Разработка этого направления является перспективной и актуальной задачей.

9. Применение вейвлетов в цифровой обработке сигналов и изображений.

Содержание работы.

На практике в огромном числе случаев приходится иметь дело с исходными данными, в которых «точное» значение сигнала зашумлено случайным шумом различной природы, например, связанной с погрешностью измерений приборов или искажении изображений при передаче данных. Возникает задача фильтрации или очистки сигнала от шума, т.е. удаления шума из исходного сигнала или изображения. Для решения этой актуальной задачи конструируются эффективные алгоритмы с использованием так называемых вейвлетов. Алгоритмы фильтрации опираются на вероятностные модели сигнала или изображения и шума, а также на применение различных статистических критериев оптимальности. Это порождает большое многообразие методов и алгоритмов фильтрации. Следует отметить, что фильтрация данных часто выступает как препроцессинг данных для дальнейшего их анализа, например, для распознавания образов, для сжатия информации и других процедур, чувствительных к шуму.

10. Методы вычисления интегралов и производных дробного порядка.

Содержание работы.

Для описания систем различной физической природы, относящихся к различным масштабам от наносистем до космологии, возникает необходимость использования дробного интегро-дифференцирования. Это может быть связано с моделированием процессов в среде, имеющей фрактальную структуру, например, диффузии в средах с фрактальной геометрией и памятью, колебаний струны или пластины в среде с фрактальной геометрией. Таким образом, актуальна задача разработки инструментария дробного интегро-дифференцирования для расчетов таких математических моделей.

11. Численное моделирование собственных колебаний струны с механическим резонатором.

Содержание работы.

Задачи о собственных колебаниях имеют важные приложения в науке и технике, поскольку характер собственных колебаний выявляет внешние воздействия, приводящие к явлению резонанса и разрушению конструкции. Собственным колебанием механической системы называется такое движение точек системы, при котором все точки двигаются по одному и тому же закону, но с

разными амплитудами. Подобные процессы описываются с помощью задач на собственные значения. При этом собственные значения определяют частоты собственных колебаний, а собственные функции задают формы собственных колебаний. В настоящей работе планируется исследовать собственные колебания струны с механическим резонатором, исследовать влияние параметров резонатора на собственные колебания, разработать алгоритм решения задачи и провести численные эксперименты.

12. Численное исследование собственных колебаний балки.

Содержание работы.

Задачи на собственные значения описывают собственные колебания механических конструкций. Знание характера собственных колебаний позволяет исключать внешние воздействия, приводящие к явлению резонанса и разрушению конструкции. Собственным колебанием механической конструкции называется такое движение точек конструкции, при котором все точки двигаются по одному и тому же закону, но с разными амплитудами. При этом собственные значения определяют частоты собственных колебаний, а собственные функции задают формы собственных колебаний. В настоящей работе планируется исследовать собственные колебания балки, разработать алгоритм решения задачи о собственных колебаниях и провести численные эксперименты по определению параметров собственных колебаний.

13. Численное решение задачи на собственные значения для интегрального уравнения.

Содержание работы.

Интегральным уравнением называется уравнение, в котором неизвестная функция присутствует под знаком интеграла. Задачи на собственные значения для интегрального уравнения возникают при моделировании собственных волн в диэлектрических волноводах и применяются в телекоммуникациях и интегральной оптике. В настоящей работе планируется исследовать свойства собственных значений и собственных функций задачи на собственные значения для интегрального уравнения, разработать алгоритм решения задачи и провести численные эксперименты по определению характеристик собственных волн в волноводных структурах.

14. Приближенный метод решения задачи совместного движения поверхностных и подземных вод

Содержание работы.

Предлагается начально-краевая задача для системы двух нелинейных параболических уравнений, одно из которых задано в ограниченной двумерной области, а второе вдоль кривой, расположенной внутри области. Оба уравнения относятся к классу параболических уравнений. Данная задача имеет прикладной характер. Подобные задачи возникают при математическом моделировании процесса совместного движения поверхностных и подземных вод. В этом случае разрез моделирует русло реки или канала.

Предлагается построить приближенный метод решения задачи, построенный с помощью полудискретизации по временной переменной и метода конечных элементов по пространственным переменным.

На модельной задаче с точным решением исследовать качественные свойства приближенного метода.

15. Разностные методы решения задачи фильтрации с нелокальным условием на разрезе

Содержание работы.

Предлагается начально-краевая задача для системы двух нелинейных параболических уравнений, одно из которых задано в ограниченной двумерной области, а второе вдоль кривой, расположенной внутри области. Оба уравнения относятся к классу параболических уравнений. Данная задача имеет прикладной характер. Подобные задачи возникают при математическом моделировании процесса совместного движения поверхностных и подземных вод. В этом случае разрез моделирует русло реки или канала.

Предлагается построить явную и неявную разностные схемы. На модельной задаче исследовать условие точности, устойчивости и сходимости схем.

16. Приближенный метод решения одного вариационного неравенства

Содержание работы.

Предлагается вариационное эволюционное неравенство, которое возникает при отыскании неотрицательного решения системы из двух нелинейных параболических уравнений, которые являются диффузионной аналогией систем Сен-Венана.

Рассматриваемая задача возникает при моделировании процесса заполняемости системы из двух каналов. В этом случае искомая функция описывает уровень воды в каналах.

Для неравенства предлагается построить приближенный метод с помощью метода штрафа и разностной аппроксимации задачи. На модельной задаче исследовать точность и сходимость метода.

17. Конечно-разностный метод решения начально-краевой задачи для нелинейного параболического уравнения с нелокальным пространственным оператором

Содержание работы.

Предлагаемая задача является математической моделью процесса распространения популяции бактерий. Рассматривается случай, когда бактерии находятся в начальный момент в некоторой части области исследуемой задачи. Выполнение работы предполагает построение приближенного метода решения и его программную реализацию в среде MatLab в виде комплекса программ для проведения модельных расчетов.

18. Приближенный метод решения задачи насыщенно-ненасыщенной фильтрации

Содержание работы.

Задача насыщенно-ненасыщенной фильтрации описывается с помощью начально-краевой задачи для вырождающегося уравнения переменного типа: параболического типа в зоне ненасыщенной фильтрации и эллиптического в зоне насыщения. Выполнение работы предполагает построение приближенного метода решения и его программную реализацию в среде MatLab в виде комплекса программ для проведения модельных расчетов.

19. Приближенный метод решения вариационного неравенства параболического типа с нелокальным по пространственным переменным оператором

Содержание работы.

Предлагаемая задача является математической моделью процесса теплопроводности в случае, когда коэффициент теплопроводности зависит от интегральной по пространственным переменным характеристики градиента решения. Выполнение работы предполагает построение приближенного метода решения и его программную реализацию в среде MatLab в виде комплекса программ для проведения модельных расчетов.