
Институт вычислительных
технологий СО РАН

Кафедра математического
моделирования НГУ

Кафедра вычислительных
технологий НГТУ

ОБЪЕДИНЕННЫЙ СЕМИНАР

ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (Численные методы механики сплошной среды)

Основан в 1964 году академиком Н. Н. Яненко

Руководители: академик Ю. И. Шокин, д-р физ.-мат. наук профессор В. М. Ковеня

Аннотации докладов за весенний семестр 2019 г.

Моделирование нелинейных колебаний в микроэлектромеханических резонаторах

Д.О. ПИМАНОВ

Новосибирский государственный университет

(12.02.2019)

Приводятся результаты исследования математических моделей новых микроэлектромеханических резонаторов.

К элементам конструкций рассматриваемых приборов относятся подвижный и неподвижный электроды, разделенные микрозазором. В роли подвижного электрода выступает недеформируемая платформа, закрепленная на различные упругие элементы: натянутая пленка-мембрана, упругая балка с жестко закрепленными концами или консольная балка. К семейству резонаторов, в которых колебания совершает платформа, примыкают модели резонаторов, у которых подвижным электродом является сам упругий элемент.

Высокочастотные колебания подвижного электрода возникают в результате взаимодействия упругих сил, силы инерции и силы электростатического притяжения, обусловленной разностью потенциалов между электродами. Исходя из постановки задачи рассмотрены различные варианты внешнего электрического воздействия. Математические модели приборов представлены нелинейными начально-краевыми задачами для уравнений с частными производными. Нелинейность задач определяется электростатическим характером воздействия.

Итогом проведенного численного исследования является определение условий на параметры модели, при которых генерируются нелинейные колебания с заданными свойствами. Результаты исследования представлены в виде универсальных диаграмм, устанавливающих связь между всеми размерными параметрами модели через безразмерные комбинации.

Проведен параметрический анализ нелинейных колебаний недеформируемой платформы как материальной точки на пружине под действием упругой силы пружины, силы сопротивления среды и электростатической силы притяжения между подвижным и неподвижным электродами с разностью потенциалов, меняющейся во времени по гармоническому закону. Определены области параметров модели, в которых существуют несколько периодических решений с учетом их устойчивости по начальным данным и показана возможность существования колебаний с периодами различной кратности, а также хаотических колебаний.

Численные алгоритмы для прямой спектральной задачи системы Захарова — Шабата с применением к решению нелинейных уравнений методом обратной задачи рассеяния

С.Б. МЕДВЕДЕВ, И.А. ВАСЕВА, И.С. ЧЕХОВСКОЙ, М.П. ФЕДУРУК
Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск
(19.02.2019)

Предложен новый алгоритм высокой точности для решения начальной задачи для системы Захарова — Шабата. Этот метод имеет четвертый порядок точности и является обобщением схемы Боффетта — Осборна второго порядка точности. Использование нового метода позволяет более эффективно решать прямую спектральную задачу Захарова — Шабата для непрерывного и дискретного спектров.

Разработка и оптимизация программного комплекса для дифракционного моделирования сейсмических волн с адаптацией под графические ускорители (по материалам кандидатской диссертации)

Н.Ю. ЗЯТЬКОВ
Новосибирский государственный университет
(26.02.2019)

В работе использованы новые методы теории распространения волн в трехмерно-неоднородных средах:

— строгая теория операторов прохождения-распространения-дифрагирования (ТОПРД) (Klem-Musatov et al. 2005); Aizenberg and Ayzenberg 2015);

— метод наложения концевых волн (МНКВ) (Ayzenberg et al. 2007, 2009; Aizenberg et al. 2011).

ТОПРД дает точное аналитическое решение прямой задачи для неоднородной среды с гладкими и кусочно-гладкими границами. МНКВ является аппроксимацией ТОПРД в диапазоне конечных частот и позволяет имитировать как полное волновое поле, так и его отдельные волновые фрагменты, отождествленные с различными частями покрывающей среды и целевой области. Цель диссертационной работы состояла в разработке и тестировании программного комплекса МНКВ, реализующего ТОПРД, его оптимизации, а также адаптации для кластера из графических ускорителей.

Методы без насыщения и контроль погрешностей в численных процессах решения многомерных нелинейных задач Неймана — Дирихле

Б.В. СЕМИСАЛОВ

*Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск
(05.03.2019)*

Предложен подход к конструированию алгоритмов численного решения нелинейных краевых задач Неймана — Дирихле на основе метода коллокаций и метода установления. Для приближения неизвестных функций использованы прямые произведения интерполяционных полиномов с узлами Чебышева и полиномов с ядром Дирихле. Доказаны теоремы о сходимости в линейном приближении и о числе операций для произвольной размерности задачи. Установлено, что предложенные схемы близки к экономичным.

Численно показано, что при решении нелинейных задач разработанные алгоритмы не имеют насыщения (асимптотика погрешности решения строго соответствует оценкам погрешностей наилучших полиномиальных приближений для заданной гладкости искомой функции). Последний факт использован для построения апостериорных оценок погрешности метода приближения и анализа особенностей искомой функции. На основе теорем о неподвижной точке и расчета обусловленностей матричных операторов алгоритма построены апостериорные оценки вычислительной погрешности. Точность оценок продемонстрирована при решении тестовых задач.

Алгоритмы расщепления для численного решения уравнений Навье — Стокса методом конечных объемов

В.М. КОВЕНЯ

*Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск
(12.03.2019)*

Описан класс неявных конечно-объемных алгоритмов решения уравнений Эйлера и Навье — Стокса сжимаемого теплопроводного газа, основанных на методологии расщепления. При построении алгоритмов использован метод предиктор-корректор. На этапе предиктора могут вводиться различные формы расщепления, что позволяет свести решение системы исходных уравнений на дробных шагах к решению отдельных уравнений и обеспечить запас устойчивости алгоритма в целом, а на этапе корректора аппроксимировать исходные уравнения в консервативной форме. Среди рассмотренных форм расщепления могут быть выбраны те из них, которые обеспечивают максимальную устойчивость схем при минимальном влиянии расщепления на ее свойства. Алгоритмы обладают достаточной точностью, экономичны по числу операций на ячейку и удовлетворяют требованиям оптимального расщепления. Оценка эффективности предложенных алгоритмов подтверждена примерами расчетов и сравнениями с расчетами других авторов на задачах: о распаде произвольного разрыва (Сода), стационарных сверхзвуковых вязких течений в канале и около тел, течении газа за уступом, пространственном сверхзвуковом обтекании затупленного по сфере конуса под углами атаки.

Развитие многоуровневого подхода к анализу конструкционной прочности и живучести

С.В. Доронин

Красноярский филиал Института вычислительных технологий СО РАН
(19.03.2019)

Рассматриваются современное состояние и перспективы развития многоуровневого системного подхода к анализу конструкционной прочности и живучести на различных стадиях жизненного цикла технических объектов. Подход направлен на обоснование системы задач расчетно-экспериментального анализа и соответствующих моделей как для конструкции — макроскопического объекта, так и для отдельных ее подсистем и элементов. Практическое применение подхода иллюстрируется моделями анализа прочности и живучести конструкций некоторых классов (стержневые, оболочечные) и типов (параболические зеркальные антенны, карьерные автосамосвалы, пневмоударники и др.) технических объектов.

Моделирование и расчет неизотермических течений полимерной жидкости в технологиях 3D печати

А.М. Блохин, Е.А. Круглова, Б.В. Семисалов

Новосибирский государственный университет

Институт математики СО РАН, Новосибирск

Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск
(26.03.2019)

Дан краткий обзор подходов к описанию динамики растворов и расплавов полимерных материалов. Предложено обобщение мезоскопической реологической модели Покровского — Виноградова для учета температурных и электромагнитных воздействий на полимерную жидкость, имеющих место в термоструйных и пьезоэлектрических технологиях печати. Проведена идентификация параметров модели по данным о свойствах современных полимерных чернил и характеристиках печатающих устройств.

Для расчета стационарных двумерных течений в дюзах получена система разрешающих квазилинейных уравнений для скорости течения, температуры и магнитного поля. На основе алгоритма без насыщения проведен численный анализ течений в дюзах с сечениями прямоугольной, круговой и эллиптической формы с тонкими нагревательными элементами. Даны оценки погрешности численных решений.

Опыт вероятностного цунамирайонирования (РТНА)

С.А. Бейзель, О.И. Гусев, В.А. Кихтенко, Л.Б. Чубаров

Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск
(02.04.2019)

Представлены результаты реализации методики вероятностного цунамирайонирования побережья, известной под названием РТНА (Probabilistic Tsunami Hazard Assessment) как для создания обзорных карт цунамиопасности Дальневосточного побережья РФ, так и для получения необходимых оценок для малых акваторий и их побе-

режий. Обсуждаются методологические основы подхода, проблемы построения сейсмо-тектонических моделей основных цунамигенных зон, численные методики получения расчетных каталогов высот волн на побережье.

Приведены примеры обзорных карт и локальных оценок для различных повторяемостей, построенных с применением методики РТНА и представленных с помощью созданного веб-приложения WTMар. Упоминаются также некоторые проблемы применения методики РТНА, связанные как с недостаточностью имеющихся наблюдательных данных, так и со сложностью выполнения большого объема сценарного численного моделирования.

Поведение ледового покрова канала под действием движущейся внешней нагрузки (по материалам кандидатской диссертации)

К.А. ШИШМАРЕВ

*Алтайский государственный университет, Барнаул
(30.04.2019)*

Рассматривается нестационарная задача о колебаниях ледового покрова канала под действием движущейся внешней нагрузки. Канал имеет прямоугольное сечение и заполнен идеальной жидкостью. Ледовый покров на поверхности жидкости моделируется тонкой упругой или вязкоупругой пластиной (модель Кельвина—Фойгта), примороженной к стенкам канала. Внешняя нагрузка моделируется локализованным пятном давления, движущимся по поверхности льда с постоянной скоростью вдоль канала. Течение, вызванное движением нагрузки и прогибом льда, считается потенциальным. В настоящей работе использовано несколько подходов к решению этой задачи: построение решения в виде бегущей волны в системе координат, движущейся вместе с пятном давления; исследование поведения прогибов льда при больших временах, причем параметры вынужденных колебаний определяются асимптотическими методами как предельные характеристики нестационарных волн; решение нестационарной задачи при конечных временах. Задача решается методом преобразования Фурье вдоль канала и разложением прогибов льда на собственные колебания ледового покрова в канале. В докладе приводятся результаты численного и аналитического исследования рассматриваемой задачи.

Кинетическая модель неравновесного структурного перехода первого рода и ее применение для описания плавления металлических наночастиц и кристаллизации аморфных нанопленок

Е.Е. СЛЯДНИКОВ, И.Ю. ТУРЧАНОВСКИЙ, С.Ю. КОРОСТЕЛЕВ

*Томский филиал Института вычислительных технологий СО РАН, Томск
(23.04.2019)*

Сформулирована кинетическая модель неравновесного перехода первого рода при достижении критической скорости нагрева (переохлаждения) системы. Предлагаемый подход учитывает характерные особенности процесса: сильную неравновесность системы, термодинамические флуктуации параметра порядка, которые играют существенную роль в окрестности критической точки фазового превращения, особенно в случае

достижения точки абсолютной неустойчивости системы. Проведены расчеты зависимости модельного термодинамического потенциала от параметра порядка, кинетических характеристик для различных значений перегрева образца из меди. При критическом перегреве минимум, соответствующий твердому состоянию, исчезает, превращаясь в точку перегиба. Твердое состояние становится абсолютно неустойчивым. Модель применена для исследования неравновесного процесса плавления металлических наночастиц и автоволнового режима кристаллизации аморфных нанопленок.

Математические модели свободных турбулентных течений

Г.Г. ЧЕРНЫХ

Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск

(07.05.2019)

Кратко излагается известный подход к построению иерархии полуэмпирических моделей турбулентности, основанный на осреднении по Рейнольдсу уравнений Навье—Стокса и применении следствий из этого осреднения. В качестве примера приводятся математические модели вертикального турбулентного обмена в устойчиво стратифицированном водоеме. Обсуждаются математические модели закрученного турбулентного струйного течения с варьируемыми значениями суммарного избыточного импульса и момента количества движения.

Гидрофизические характеристики озера Шира в летний период

О.С. Володько

Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск

(14.05.2019)

Излагаются результаты анализа данных длительных наблюдений в озере — температуры, скорости и направления ветра, скорости течения и определения взаимосвязи между ними. Для анализа температуры применялся метод главных компонент, для анализа скорости — спектральный метод и метод главных компонент. С использованием системы моделирования региональных океанических процессов ROMS (Regional Ocean Modeling System) исследовались различные ветровые сценарии и варианты течений в озере.

Метод решеточных уравнений Больцмана (LBM). Обзор

А.Л. КУПЕРШТОХ

Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, Новосибирск

(21.05.2019)

В докладе затрагиваются следующие темы.

- История возникновения метода (31 год).
- Уравнения метода LBE. Одночастичные функции распределения. Метод характеристик. Основные решетки в 1D, 2D и 3D.
- Алгоритм метода LBE. Два этапа: Stream и Collision. Варианты Stream-out и Stream-in. Равновесные функции распределения.
- Типы оператора столкновений (SRT и MRT).

- Теоретическое обоснование. Вывод макроскопических уравнений гидродинамики (разложение Чепмена—Энскога). Кинематическая вязкость.
- Учет действия объемных сил. Получение метода точной разности (EDM) из кинетического уравнения Больцмана. Сравнение с другими методами: метод явной производной, модификация оператора столкновений, комбинированный метод Guo. Галлилеевская инвариантность.
- Граничные условия. Периодические. Непроскальзывание и непротекание. Правило “bounce-back”. Условия проскальзывания. Условия на входе и выходе.
- Уравнения состояния. Фазовые переходы. Поверхностное натяжение.
- Критерий численной устойчивости метода LBE с уравнением состояния среды. Безразмерные переменные.
- Метод LBE для многокомпонентных сред. Метод пассивного скаляра.
- Метод LBE с учетом переноса тепла.

Место и время проведения заседаний: по вторникам, в 16.00,
конференц-зал Института вычислительных технологий СО РАН
Адрес: просп. акад. Лаврентьева, 6, Новосибирск, 630090
Секретарь семинара: канд. физ.-мат. наук Олег Игоревич Гусев
e-mail: gusev_oleg_igor@mail.ru
Интерактивная заявка доклада:
<http://www.ict.nsc.ru/ru/education/seminar/seminar-page-ict>