
Институт вычислительных
технологий СО РАН

Кафедра математического
моделирования НГУ

Кафедра вычислительных
технологий НГТУ

ОБЪЕДИНЁННЫЙ 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 2014 г.

Вычислительные модели в задачах электронной оптики

В.Я. ИВАНОВ

*Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск
(04.02.2014)*

Представлены основные формулировки задач электронной оптики — траекторный подход, методы теории возмущений (теории аббераций) и комбинированный метод главного луча. Обсуждаются преимущества и недостатки различных математических моделей. Дается описание новой формулировки метода главного луча, называемой абберационным комбайном, численная реализация которой даёт технологию получения коэффициентов аббераций произвольного порядка для произвольной системы малых параметров разложения. Исследована сравнительная эффективность нового и традиционных подходов к решению задач электронной оптики для систем с произвольной криволинейной осью пучка в трёхмерном приближении.

Влияние колебательной релаксации на развитие возмущений в ударном слое на пластине

С.В. КИРИЛОВСКИЙ, Т.В. ПОПЛАВСКАЯ

*Институт теоретической и прикладной механики СО РАН, Новосибирск
(11.02.2014)*

Исследовано влияние возбуждения колебательных степеней свободы молекул на среднее течение и развитие возмущений в гиперзвуковом ($M = 6 - 14$) вязком ударном слое на пластине, обтекаемой потоками воздуха, углекислого газа и их смесей при высоких температурах торможения (2000–3000 К). Численное моделирование проводилось в рамках модели термически совершенного газа (теплоёмкость не постоянна и является функцией от температуры) с помощью пакета ANSYS Fluent на базе решения

нестационарных двумерных уравнений Навье—Стокса. Показано, что возбуждение колебательных степеней свободы молекул CO_2 значительно влияет на положение головной ударной волны и приводит к увеличению интенсивности возмущений, при этом колебательная неравновесность оказывает демпфирующее воздействие на развитие возмущений. Результаты расчётов согласуются с экспериментальными данными, полученными в высокоэнтальпийной аэродинамической трубе ИТ-302М ИТПМ СО РАН.

Вариационные алгоритмы усвоения данных для задач атмосферной химии

А.В. ПЕНЕНКО, В.В. ПЕНЕНКО

*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
Новосибирск
(18.02.2014)*

Исследуется эффективность вариационного алгоритма решения задачи усвоения данных, в которой по набору возмущённых значений функции состояния многомерной нестационарной модели конвекции-диффузии-реакции во внутренних точках пространственно-временной области требуется уточнить и продолжить функцию состояния модели от имеющихся точек наблюдения. Усвоение происходит посредством прямых алгоритмов на одном модельном шаге по времени и соответствующих отдельных стадиях схемы расщепления, реализующей модель.

Автоматизированные технологии построения неструктурированных расчётных сеток

А.А. ДАНИЛОВ, Ю.В. ВАСИЛЕВСКИЙ, К.Н. ЛИПНИКОВ, В.Н. ЧУГУНОВ

*Институт вычислительной математики РАН, Москва
(25.02.2014)*

Представлены набор алгоритмов и программный инструментарий для надёжного построения треугольных и тетраэдральных сеток с регулярными ячейками в областях сложной формы, которые могут быть заданы различными способами. Построенные неструктурированные сетки могут быть измельчены с помощью методов локального измельчения сетки. Неструктурированные сетки можно полностью перестраивать через последовательность локальных модификаций сетки. Предлагаются автоматизированные алгоритмы адаптивного перестроения расчётных сеток. Изложены идеи построения неструктурированных сеток, отличных от симплицальных, и некоторые их приложения.

Комплексная система моделирования гидрофизических характеристик замкнутых солёных стратифицированных озёр (на примере оз. Шира) (по материалам кандидатской диссертации)

Т.В. ЯКУБАЙЛИК

*Институт вычислительной математики СО РАН, Красноярск
(04.03.2014)*

Получены новые аналитические решения для оценки ветрового движения жидкости в моделях экмановского типа и в моделях с учётом горизонтального турбулентного об-

мена как для однородной, так и для многослойной жидкости. Создан комплекс программно-технологического обеспечения для трёхмерного моделирования течений в солёных замкнутых стратифицированных озерах. Получена трёхмерная картина распределения гидрофизических характеристик в оз. Шира на основе математического моделирования, численного эксперимента и сравнения с данными натурных наблюдений.

Формосохраняющая интерполяция дискретными весовыми кубическими сплайнами

Б.И. КВАСОВ

Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск

(18.03.2014)

Изучаются дискретные весовые кубические сплайны, которые естественным образом возникают при решении специальных краевых задач для эллиптических уравнений методом конечных разностей. Рассмотрены алгоритмы построения таких сплайнов. Получены оценки погрешности аппроксимации. Проведённый анализ позволяет разработать два алгоритма автоматического нахождения параметров формы (весов) для таких сплайнов: один для сохранения монотонности исходных данных и второй для сохранения выпуклости данных. Построены базисы из дискретных весовых В-сплайнов, и рассмотрена аппроксимация по контрольным точкам. Числовые примеры иллюстрируют особенности и качество получаемых аппроксимаций.

Параметризованная реализация метода частиц в ячейках для численного моделирования динамики плазмы на суперЭВМ гибридной архитектуры

А.В. СНЫТНИКОВ

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск

(25.03.2014)

Для упрощения создания высокоскоростных комплексов программ для численного моделирования динамики плазмы на гибридных суперЭВМ создана параметризованная реализация метода частиц в ячейках. В качестве параметров рассматриваются специфичные для каждой конкретной плазменной задачи программные реализации объектов “частица” и “ячейка” (в виде классов языка C++). Параметризованная реализация преобразуется в программу путём подстановки конкретной реализации частицы и ячейки. Существует возможность замены алгоритма расчёта электромагнитного поля и граничных условий через механизм наследования и виртуальных функций. Таким образом, создана возможность разработки комплекса программ на основе метода частиц для некоторой новой физической задачи, не принимая во внимание тонкостей программирования гибридных суперЭВМ. Возможна также оптимизация отдельных аспектов реализации метода частиц без создания полностью новой программы, а просто путём включения нового варианта класса “частица” или “ячейка” в уже работающую программу.

Моделирование волновых движений на вращающейся притягивающей сфере (по материалам кандидатской диссертации)

А.В. СПЕШИЛОВА

*Институт гидродинамики СО РАН, Новосибирск
(01.04.2014)*

Работа посвящена математическому моделированию (аналитическому и численному) крупномасштабных движений сплошной среды на вращающейся притягивающей сфере, описываемых уравнениями мелкой воды. Формулируется и решается численно задача о распаде разрыва на сфере как задача о развитии волнового движения из начальных данных, порождённых равновесными решениями для различных геометрических конфигураций, отличающихся глубиной (высотой) и скоростью. Получены и описаны общие свойства волновых движений при распаде сильных и контактных разрывов на сфере.

Моделирование течений жидкости и газа с поверхностью раздела сред, турбулентностью и стратификацией (по материалам докторской диссертации)

С.Н. ЯКОВЕНКО

*Институт теоретической и прикладной механики СО РАН, Новосибирск
(08.04.2014)*

Представлены результаты моделирования методами RANS, DNS, LES несжимаемых течений при наличии стратификации, поверхности раздела текучих несмешивающихся сред (например, вода — воздух, вода — бензол) или текучей среды и твёрдого тела (например, в пограничном слое и канале с выступом и плоской стенкой). Расчёты развития неустойчивости Рэлея — Тейлора (НРТ) при помощи континуальной модели поверхностного натяжения показывают эффекты демпфирования вязкостью и поверхностным натяжением в согласии с теорией и опытом на этапе линейной устойчивости и нелинейной стадии с насыщением скорости роста НРТ. При небольшом перепаде плотности сред на нелинейной стадии появляется неустойчивость Кельвина — Гельмгольца с грибовидными конвективными структурами. Обнаружено, что при обрушении внутренних волн в стратифицированном потоке также возникают неустойчивые слои с резкими градиентами плотности и аналогичными структурами НРТ. Взаимодействие структур ведёт к формированию области развитой турбулентности с малыми градиентами плотности и балансом порождения, адвекции и диссипации энергии турбулентности.

Алгоритмы расщепления при решении многомерных задач

В.М. КОВЕНЯ

*Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск
(22.04.2014)*

Описаны классы экономичных неявных разностных схем для численного решения уравнений Эйлера и Навье — Стокса сжимаемого теплопроводного газа, основанные на идеологии расщепления. Данные алгоритмы удовлетворяют требованиям минимальной

диссипации и при реализации требуют минимальное число арифметических операций на один узел сетки и временной слой. Для иллюстрации свойств предложенных алгоритмов приведены некоторые результаты расчётов сверхзвуковых вязких течений в канале (в том числе со вдувом газа с части поверхности), течений газа около элементов модельного летательного аппарата, течения газа за уступом, нестационарного обтекания тела с иглой. Схемы приближённой факторизации обобщены на уравнения вязкой несжимаемой жидкости.

Быстрая нумерация комбинаторных объектов, находящая применение в системах передачи и хранения информации (по материалам кандидатской диссертации)

Ю.С. МЕДВЕДЕВА

Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск

(20.05.2014, 14.10.2014)

Предложен быстрый алгоритм нумерационного кодирования для основных задач теории информации, таких как: 1) кодирование слов с ограничением на количество подряд идущих одинаковых символов. Эта задача имеет приложение в системах передачи и хранения информации; 2) кодирование элементов грассманиана; 3) кодирование слов языков Дика. Для решения данных задач применяется модификация метода быстрой нумерации комбинаторных объектов, предложенного Б. Рябко. Предлагаемый алгоритм имеет меньшую вычислительную сложность, чем другие известные алгоритмы.

Асимптотика решения линеаризованной системы мелкой воды на сфере с локализованным начальным условием

С.Ю. ДОБРОХОТОВ, Б. ТИРОЦЦИ, А.А. ТОЛЧЕННИКОВ

Институт проблем механики РАН, Москва

(23.09.2014)

Линеаризованная система мелкой воды используется для описания длинных волн в океане, например, волн цунами. В задаче учитываются переменное дно и сферическая форма Земли. Приведены асимптотические формулы для решения и показаны модельные примеры распространения волн над подводными горами. Обсуждается влияние силы Кориолиса.

Устойчивость течений релаксирующих молекулярных газов (по материалам докторской диссертации)

И.В. ЕРШОВ

Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск

(30.09.2014)

Представлены результаты по устойчивости течений термически неравновесных молекулярных газов. Для общего случая плоскопараллельных невязких течений колебательно-возбужденных (КВ) газов дано обобщение результатов классической линейной теории совершенного газа — условий (теорем) Рэля и Ховарда. На примере свободного сдвигового слоя показано, что возбуждение колебательной моды существенно снижа-

ет инкременты нарастания неустойчивых невязких мод. Для плоского течения Куэтта КВ-газа в рамках линейной и нелинейной энергетической теорий устойчивости рассчитаны критические числа Рейнольдса. Хотя полученные значения расходятся в пределах двух порядков, показано, что наложенное возбуждение вызывает возрастание критических чисел Рейнольдса примерно на 10–30%. При закритических числах Рейнольдса выполнены расчёты эволюции крупных вихревых структур, в частности, волн Кельвина — Гельмгольца, показавшие эффект их частичного подавления в КВ-газе. Во всех проведённых исследованиях рассматривались уровни возбуждения, которые можно получить в двухатомных газах в течениях в соплах, недорасширенных струях или умеренной лазерной накачкой. Это позволяет предположить, что лазерная накачка колебательных мод может стать реальным способом управления течениями молекулярных газов.

Численное моделирование и анализ многоимпульсных режимов генерации в волоконных лазерах с пассивной синхронизацией мод (по материалам кандидатской диссертации)

Д.В. МЕЩЕРЯКОВ

Новосибирский государственный университет, Институт автоматизации и электрометрии СО РАН, Новосибирск

(07.10.2014)

Предложен и исследован ряд моделей, ориентированных на выявление и анализ общих закономерностей взаимодействия диссипативных солитонов. Основу моделей составляет нелинейное уравнение Шредингера с комплексными коэффициентами. Представлена модель генератора диссипативных солитонов с разделением нелинейных потерь на распределенную и сосредоточенную части, позволяющая выявить роль сосредоточенных потерь в формировании связанных состояний солитонов с высокими энергиями связи. Предложен численный метод для определения всевозможных значений межимпульсных расстояний в стационарных связанных состояниях. Создан и внедрён для научных исследований программный комплекс “DSELab”, предназначенный для численного моделирования различных режимов пассивной синхронизации лазерных мод.

Algebraic Geometry for shallow capillary-gravity waves

D. DUTYKH

Université de Savoie Mont Blanc (Chambéry, France)

(21.10.2014)

In this talk we are going to discuss the problem of travelling capillary-gravity waves in the shallow water regime. The governing equations are provided by the fully nonlinear Serre-Green-Naghdi system completed with the surface tension term. In the first time we will discuss the formulation for travelling waves based on the conservation laws. Then, we will show that these solutions will belong to a family of algebraic curves parametrized by the Froude and Bond numbers. Finally, we will employ some methods of the algebraic geometry in order to classify the possible topologies of these curves depending on the values of physical parameters.

Численное моделирование электростатического обжата реагирующего дейтерия

И.Б. ПАЛЫМСКИЙ

Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики,

Новосибирск

(28.10.2014)

Численно моделируется процесс обжата газообразного дейтерия с учётом двух возможных реакций термоядерного горения D-D и T-D типа. Используется метод частиц, математическая постановка задачи следует несколько упрощённой схеме инерционного электростатического удержания. Сделаны выводы об оптимальном с точки зрения энергетической эффективности режиме течения.

К неустойчивости состояний динамического равновесия плазмы Власова — Пуассона

Ю.Г. ГУБАРЕВ

Институт гидродинамики СО РАН, Новосибирский государственный университет,

Новосибирск

(11.11.2014)

Прямым методом Ляпунова доказана абсолютная линейная неустойчивость одномерных состояний динамического равновесия плазмы Власова — Пуассона, содержащей электроны со стационарной функцией распределения, которая изотропна по пространству, но не изотропна по скоростям, и ионы одного сорта, чья функция распределения изотропна по фазовому пространству относительно одномерных же возмущений. Обращено достаточное условие линейной устойчивости Ньюкомба — Гарднера — Розенблюта и строго описана область его применимости. Получены достаточные условия практической линейной неустойчивости. Для нарастающих одномерных малых возмущений указаны начальные данные и сконструирована априорная экспоненциальная оценка снизу. Построен контрпример к спектральной теореме Ньюкомба — Гарднера.

Численное моделирование функционирования и регуляции биологической системы p53-Mdm2

О.Ф. ВОРОПАЕВА

Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск

(18.11.2014)

На основе нелинейной системы уравнений с запаздыванием выполнен численный анализ обратной связи в системе белков p53 и Mdm2, участвующих в исправлении дефектов ДНК и вовлечённых во многие жизненно важные процессы, включая образование опухолей, нейродегенерацию и старение. Основное внимание уделено важным для клинической практики вопросам: поиску состояний, в которых возникают нарушения взаимосвязи p53 и Mdm2, и определению путей восстановления базального состояния этой системы.

Модифицированный метод коллокаций и наименьших невязок и его приложения

С.В. ИДИМЕШЕВ, С.К. ГОЛУШКО, В.П. ШАПЕЕВ

*Конструкторско-технологический институт вычислительной техники СО РАН,
Новосибирск*

(25.11.2014)

Разработан модифицированный метод коллокаций и наименьших невязок, основанный на специальном выборе точек коллокаций в корнях полинома Чебышёва. Для бесконечно гладких решений получен экспоненциальный порядок сходимости численного решения. В канонических областях метод позволяет находить численные решения с точностью, близкой к машинной, при расчёте на персональной ЭВМ. Рассмотрено влияние выбора базиса на обусловленность разрешающей системы линейных уравнений. Высокая эффективность предложенного подхода продемонстрирована на ряде задач механики деформируемого твёрдого тела и гидродинамики.

Нестандартная аппроксимация функций

О.А. МАХОТКИН

*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
Новосибирск*

(09.12.2014)

Рассматривается задача приближения одномерных плотностей вероятности более простыми плотностями с эффективными алгоритмами моделирования. Нестандартность задачи состоит в необходимости выполнения количественных и качественных ограничений на приближение и оценки погрешности приближений в L-норме.

Место и время проведения заседаний: по вторникам, в 16.00,

конференц-зал Института вычислительных технологий СО РАН

Адрес: проспект акад. Лаврентьева, 6, Новосибирск, 630090

Секретарь семинара: канд. физ.-мат. наук Юлия Викторовна Лиханова

e-mail: yulia.likhanova@gmail.com

Интерактивная заявка доклада: <http://www.ict.nsc.ru/seminar/ict/>