
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 осенний семестр 2012 г.

Спектральный перенос энергии турбулентности в круглой затопленной струе (по материалам кандидатской диссертации)

М.И. ХРЕБТОВ

*Институт теплофизики СО РАН, Новосибирск
(18.09.2012)*

Проводится моделирование свободной турбулентной струи в широком диапазоне параметров (число Рейнольдса, наложенные гармонические входные возмущения и закрутка, амплитуда спутного потока) методом крупных вихрей с использованием двух различных моделей подсеточной вязкости. Цель работы — исследование спектрального переноса энергии турбулентности в круглой затопленной струе. Согласно гипотезе Колмогорова, в трёхмерных турбулентных течениях спектральный перенос энергии должен происходить от крупных масштабов к мелким. На начальном участке свободной осесимметричной струи обнаружен обратный спектральный перенос (от мелких вихрей к крупным). Исследовано влияние низкоамплитудных возмущений на спектральный перенос энергии турбулентности, установлен диапазон частот внешнего возмущения, определяющих максимальное влияние (до двух раз по амплитуде и пространственной протяжённости зон обратного переноса) на спектральный перенос энергии в струе. Проведены исследования изменения временных спектров в слое смешения при добавлении внешних низкоамплитудных возмущений. В спектрах на границе слоя смешения присутствует интервал с постоянным наклоном, близким к -3 , наблюдающимся при двумерной турбулентности. Исследовано влияния числа Рейнольдса потока на спектральный перенос в струе. Показано, что с увеличением числа Рейнольдса амплитуда спектрального переноса (как прямого, так и обратного участка) возрастает, причём максимум амплитуды обратного потока смещается с увеличением числа Рейнольдса вверх по потоку. Кроме того, при $Re < 25\,000$ появляется дополнительный участок с обратным

переносом на внешней границе слоя смешения, отсутствующий для больших Re . Проведено исследование влияния закрутки на спектральный перенос в струе, найден ряд условий, при которых происходит подавление обратного потока энергии с уменьшением как амплитуды, так и пространственной протяжённости областей, где он наблюдается. Показано, что при взаимодействии закрученной струи со спутным потоком его интенсивность влияет на положение и амплитуду максимума обратного переноса на внешней границе слоя смешения. При режимах с сильной закруткой и ограниченным спутным потоком, по энергии близким к энергии самой струи, наблюдается появление протяжённых зон обратного переноса уже в самом спутном потоке, связанное с притягивающим действием закрученной струи.

Распространение мощного фемтосекундного лазерного импульса в стекле

В.П. ЖУКОВ, М.П. ФЕДОРУК, Н.М. БУЛГАКОВА

*Институт вычислительных технологий СО РАН, Институт теплофизики СО РАН,
Новосибирск
(02.10.2012)*

Предложена двумерная модель распространения мощного фемтосекундного лазерного импульса в стекле, основанная на уравнениях Максвелла, дополненных уравнениями для свободных электронов гидродинамического типа. Приведены результаты методических расчётов конечно-разностной реализации модели, физических расчётов и сравнение предлагаемой модели и модели нелинейного уравнения Шрёдингера.

Фундаментальные и прикладные проблемы развития Российской системы предупреждения о цунами (по материалам научно-технического совещания)

Л.Б. ЧУБАРОВ

*Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск
(23.10.2012)*

Сделано краткое сообщение о состоявшемся 8–12 октября 2012 г. в г. Новосибирске “Научно-техническом совещании по фундаментальным и прикладным проблемам развития Российской системы предупреждения о цунами”. Подробная информация о мероприятии опубликована в газете “Наука в Сибири” (№ 40 от 11 октября 2012 г. и № 44 от 8 ноября 2012 г.).

Об итогах 15-го Международного симпозиума по научным вычислениям, компьютерным арифметикам и доказательным численным методам SCAN’2012

С.П. ШАРЫЙ

*Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск
(30.10.2012)*

Доклад посвящен обзору 15-го Международного симпозиума IMACS-GAMM по научным вычислениям, компьютерным арифметикам и доказательным численным мето-

дам SCAN'2012, который состоялся 24–28 сентября 2012 г. в новосибирском Академгородке (см. <http://conf.nsc.ru/scan2012>).

SCAN'2012 продолжает серию международных симпозиумов, инициированных в конце 1980-х гг. в Университете Карлсруэ (Германия) и проводимых раз в два года под совместной эгидой международных научных обществ GAMM и IMACS. Тематика симпозиумов SCAN'XX охватывает математические и алгоритмические аспекты научных вычислений с акцентом на доказательность результатов и применение интервальных методов, а также разнообразные средства поддержки таких вычислений. Неформально можно сказать, что симпозиумы SCAN'XX являются главными международными мероприятиями по интервальному анализу и его приложениям.

За последние двадцать с лишним лет симпозиумы SCAN'XX проводились в разных странах мира, в 2012 г. этот форум впервые состоялся в России. Особая значимость нынешнего SCANa'2012 была обусловлена двумя сопутствующими мероприятиями — однодневным Совещанием по методам распространения ограничений и теории принятия решений CoProD'2012 (23 сентября 2012 г.) и очередным годичным заседанием комитета IEEE P1788 по стандартизации интервальных вычислений, т. е. выработке проекта стандарта на языковую поддержку интервальных вычислений (28 сентября 2012 г.), для которого была организована прямая видеотрансляция по Интернету.

Схемы расщепления в смешанном методе конечных элементов для решения задач теплопереноса

К.В. Воронин, Ю.М. Лаевский

Новосибирский государственный университет, Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск

(06.11.2012)

Представлены двумерные и трёхмерные схемы расщепления для сеточной системы, полученной при аппроксимации уравнения теплопроводности с помощью смешанного метода конечных элементов. В основе предложенных алгоритмов лежат сеточные аппроксимации системы уравнений первого порядка в терминах “температура — тепловой поток”, записанных в слабой смешанной формулировке. Для пространственной аппроксимации используются элементы Равьяра — Тома наименьшей степени для векторных величин и кусочно-постоянные функции для скалярных. Проведено сравнение предложенных схем со схемой Кранка — Николсон по точности и некоторым результатам относительно производительности. Представлены примеры рассматриваемых прикладных задач из области геологии, а именно — моделирование термохронологии определённых геологических объектов. Особенностями прикладных задач является наличие разномасштабных включений и конвективных слагаемых и переменные границы области (моделируемые с помощью введения областей с фиктивной средой).

Волны, вихри и турбулентность в конденсате Бозе — Эйнштейна

С.В. Назаренко

Университет графства Варвик, Великобритания

(20.11.2012)

Волны, вихри и турбулентность в конденсате Бозе — Эйнштейна обсуждаются на уровне, понятном неспециалистам и аспирантам, основываясь на модели, представлен-

ной уравнением Гросса—Питаевского. С помощью преобразования Маделунга уравнение Гросса—Питаевского приобретает вид уравнений Эйлера для сжимаемой жидкости с дополнительным членом, который интерпретируется как квантовое давление. Таким образом, многие свойства динамики жидкости свойственны и конденсатам Бозе—Эйнштейна (например движения в виде волн, вихрей и турбулентности). Обсуждается связь с теорией волновой турбулентности, включая прямой и обратный каскады.

Адаптивные расчётные сетки в задачах биоматематики

А.А. ДАНИЛОВ

Институт вычислительной математики РАН, Москва

(27.11.2012)

Обзорный доклад по алгоритмам построения адаптивных неструктурированных сеток и методам дискретизации на этих сетках. Рассматриваются следующие классы расчётных сеток: тетраэдральные сетки, сетки типа восьмеричное дерево и сетки с многогранными ячейками. Представлены основные идеи алгоритмов автоматического построения сеток и их адаптации к геометрии и к численному решению. Для этих сеток предлагается нелинейная монотонная схема дискретизации уравнения диффузии. В качестве приложения описанных методов рассмотрена задача моделирования биоимпедансных измерений тела человека. В ходе работы над данным проектом построены высокоразрешающие адаптивные тетраэдральные сетки для внутренней структуры тела человека.

Моделирование и визуализация несжимаемых жидкостей на графическом процессоре (по материалам кандидатской диссертации)

А.Ю. СУРАВИКИН

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского

(04.12.2012)

Доклад по материалам диссертации, посвящённой созданию программного комплекса, объединяющего моделирование течения несжимаемой жидкости и её визуализацию. Моделирование жидкостей основано на методе сглаженных частиц (SPH), адаптированном под вычисления на графическом процессоре с архитектурой CUDA. В используемой модификации метода PCISPH реализована итерационная схема вычисления давления на основе уравнения состояния, основанного на отклонении значения плотности при текущем расположении частиц от исходной плотности жидкости. Рассмотрен способ организации обработки соседних частиц с учётом архитектуры CUDA. Представлены методы визуализации. Метод, работающий в экранном пространстве, основан на отображении частиц в виде сфер и сглаживании буфера глубины полученного изображения. Метод, создающий триангуляцию поверхности жидкости, основан на использовании октодеревьев. На уровне листьев дерева создается аппроксимация изоповерхности поля плотности жидкости. Проведено сравнение результатов моделирования с теоретическими примерами для течений Пуазейля и Куэтта с данными экспериментов обрушения столба жидкости на плоскости и в пространстве.

Численное исследование автономных систем. Пакет “STEP+”

С.И. ФАДЕЕВ, В.К. КОРОЛЁВ

Институт математики СО РАН, Новосибирск

(11.12.2012)

Представлен пакет программ пакет “STEP+”, разработанный С.И. Фадеевым, И.А. Гайновой, В.К. Королёвым (ИМ СО РАН) и А.Е. Медведевым (ИТПМ СО РАН). Пакет ориентирован на численное исследование решений автономных систем уравнений достаточно общего вида в зависимости от параметров. В частности, в рамках пакета реализуется численное интегрирование задачи Коши. При выходе на стационарное решение исследуется зависимость стационарного решения от параметров, включая устойчивость. Полученная информация может быть использована для выявления областей параметров, в которых возникают автоколебания. Дается характеристика вычислительных возможностей пакета и графического представления результатов исследования. Предполагается демонстрация работы пакета на примерах из приложений.

Численное моделирование взаимодействия плазмы с неоднородным магнитным полем

И.В. ШВАБ

Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск

(18.12.2012)

Представлена численная модель расчёта осесимметричного течения плазмы в цилиндрической системе координат в неоднородном магнитном поле. Современное моделирование актуальных задач физики плазмы характеризуется сильно разномасштабными процессами. При этом изучение плазмы с помощью простых математических моделей не является актуальным, поскольку упускаемые эффекты, такие как аномальная теплопроводность, имеют критическое влияние на динамику плазмы в целом. В силу этого гидродинамическое приближение для описания динамики плазмы чаще всего не применимо. Рассматривается следующая математическая модель — уравнение Власова (для бесстолкновительной плазмы) или Больцмана (для столкновительной плазмы) и система уравнений Максвелла для электромагнитных полей. Предложен численный алгоритм, позволяющий эффективно и точно проводить учёт осевой симметрии при расчёте плотности тока на смещённых координатных сетках. Данный подход может быть легко обобщён на общий случай криволинейных координат и СИС-ядер для метода частиц. Проведены тесты для сферически симметричных задач с известным аналитическим решением, показавшие изотропность численной схемы. Исследована зависимость течения плазмы от начальных параметров. Определены параметры сценария ускорения плазмы до суперальфвеновской скорости при прохождении магнитного сопла.

Использование итерационных схем при решении нестационарных систем уравнений Навье — Стокса (по материалам кандидатской диссертации)

К.С. ИВАНОВ

Кемеровский государственный университет

(25.12.2012)

Доклад состоит из введения, трех частей и заключения.

Во введении обоснована актуальность решаемых задач, сформулированы цели и задачи исследования, обозначены научная новизна и основные полученные результаты, приводится обзор научной литературы по изучаемой тематике, излагается краткое содержание работы.

Первая часть включает три раздела и посвящена подготовке теоретического и практического материала, используемого для решения изучаемых задач. В разделе 1.1 рассматривается метод неполной аппроксимации минимальных невязок решения линейных и билинейных систем алгебраических уравнений (САУ), в разделе 1.2 описанный инструментарий тестируется на численном решении нестационарного уравнения Бюргера, здесь же приводятся численные способы переноса краевых условий с бесконечности на границу конечной области. В разделе 1.2 описан программный комплекс, разработанный для решения изучаемых задач.

Вторая часть, состоящая из трёх разделов, посвящена исследованию плоских течений вязкой однородной несжимаемой жидкости. В разделе 2.1 рассматривается дифференциальная постановка двумерной нестационарной системы уравнений Навье — Стокса, описывающей плоское неустановившееся течение вязкой однородной несжимаемой жидкости в ограниченной многосвязной области, в разделе 2.2 приведены численный алгоритм решения задач о плоском течении вязкой однородной несжимаемой жидкости и способ переноса краевых условий с бесконечности на границу конечной области применительно к симметричным задачам при умеренных числах Рейнольдса. В разделе 2.3 представлены результаты расчётов различных типов плоских неустановившихся течений.

Третья часть, содержащая три раздела, посвящена исследованиям пространственных течений вязкой однородной несжимаемой жидкости. В разделе 3.1 рассматриваются различные дифференциальные формулировки трёхмерной нестационарной системы уравнений Навье — Стокса, обсуждаются вопросы их эквивалентности, преимущества и недостатки. Отдельное внимание уделяется постановке граничных условий. В разделе 3.2 представлены численные алгоритмы решения задач о пространственном течении вязкой однородной несжимаемой жидкости, в разделе 3.3 — результаты расчётов различных типов пространственных неустановившихся течений.

В заключении сформулированы основные выводы по результатам работы.

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/>