
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, профессор В. М. Ковеня

АННОТАЦИИ ДОКЛАДОВ ЗА ОСЕННИЙ СЕМЕСТР 2007 ГОДА

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ
НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ РАСЧЕТНЫХ СЕТОК
ДЛЯ ЗАДАЧ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ
(ПО МАТЕРИАЛАМ КАНДИДАТСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ)

Е.Г. ИВАНОВ

*Фраунгоферовский институт индустриальной математики,
Кайзерслаутерн, Германия
(18.09.2007)*

Доклад посвящен построению алгоритма параллельной автоматической генерации трехмерных неструктурированных сеток, основанной на методе геометрической декомпозиции, и разработке на основе этого алгоритма комплекса программ для построения тетраэдральных сеток применительно к задачам вычислительной механики. В настоящее время при проведении на массивно-параллельных ЭВМ расчетов в областях сложной формы с сильно деформирующимися границами построение расчетных сеток стало узким местом, тормозящим вычисления. Это связано с тем, что построение сеток (часто необходимое на каждом расчетном шаге) производится, как правило, на одном процессоре. Таким образом, разработка алгоритма, позволяющего преодолеть ограничения памяти и сократить время построения расчетной сетки, является совершенно необходимой. В докладе были представлены: алгоритм автоматического параллельного построения конечно-элементных трехмерных неструктурированных тетраэдральных сеток, основанный на методе геометрической декомпозиции расчетной области и позволяющий эффективно и с гарантированным качеством генерировать большие расчетные сетки для областей сложной формы; программный комплекс, позволяющий производить автоматическое построение тетраэдральных сеток на многопроцессорных ЭВМ;

применения созданного программного комплекса к расчету практических задач: построение расчетной пространственной сетки для компонентов коленного протеза и для крышки подшипника автомобиля, использованных далее при численном исследовании напряженно-деформированного состояния данных деталей; результаты исследования эффективности алгоритма, вычислительных затрат и времени счета при изменении количества узлов сетки и числа процессоров (подобластей).

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ АТАК НА БЛОЧНЫЕ ШИФРЫ (ПО МАТЕРИАЛАМ КАНДИДАТСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ)

А.И. ПЕСТУНОВ

*Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск, Россия
(25.09.2007)*

В условиях современного динамичного развития общества информация становится таким же важным стратегическим ресурсом, как и традиционные материальные и энергетические запасы. Один из главных компонентов в системах защиты информации — блочные шифры, которые применяются не только по своему прямому назначению, т. е. для шифрования передаваемых данных, но и в других криптографических протоколах. Дизайн и анализ блочных шифров особенно чувствительны к текущему состоянию вычислительных машин. Современное поколение ЭВМ преимущественно имеет 32-битные платформы, поэтому сегодня наибольшее распространение получили шифры, использующие 32-битные операции. Но в ряде областей уже сейчас начинают применяться 64-битные платформы, значит, в скором времени потребуется новое поколение шифров. Повсеместно задействованные смарт-карты преимущественно основаны на 8-битных платформах, а также имеют ограниченные мощности, следовательно, блочные шифры должны разрабатываться и с учетом их специфики. Из-за отсутствия проработанных моделей, в рамках которых можно строго доказать, что шифр невскрывается, основным способом обоснования безопасности шифра остается попытка взломать его. Шифр можно признать надежным, если он вместе со своими упрощенными версиями подвергся исследованию многими специалистами, но все построенные атаки не представляют серьезной угрозы на целый шифр. Идеальным шифром является случайная перестановка, следовательно, задача построения хороших шифров тесно связана с генерацией последовательностей равномерно распределенных случайных величин и их тестированием. В докладе представлен новый статистический тест, дается теоретическое и экспериментальное обоснование его эффективности. Тест применяется при изучении свойств современных шифров. Классический вероятностный метод взлома шифров — дифференциальный криптоанализ — эффективно показал себя при анализе лишь некоторых шифров.

О ФОРМАЛЬНОМ ПОДХОДЕ К ВНЕШНЕМУ ОЦЕНИВАНИЮ МНОЖЕСТВ РЕШЕНИЙ ИНТЕРВАЛЬНЫХ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ

С.П. ШАРЫЙ

*Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск, Россия
(02.10.2007)*

Доклад посвящен вопросу применимости так называемого формального подхода к внешнему оцениванию множеств решений интервальных систем линейных уравнений, когда нахождение внешней оценки множества решений заменяется вычислением формального решения некоторой вспомогательной интервальной системы в рекуррентном виде. Длительное время в основу этого подхода полагался результат, полученный в 1968 году немецкими математиками Н. Апостолатосом и У. Кулишем. Сравнительно недавно, в 2003 году Г. Майер и И. Варнке (Германия) сформулировали замечательное своей простотой и общностью утверждение, которое как бы существенно расширяет сферу приложимости формального подхода, поскольку не накладывает никаких ограничений на интервальную матрицу вспомогательной системы уравнений. В докладе сделана попытка выяснить действительное значение теоремы Майера—Варнке и демонстрируется, что достигаемое с ее помощью обобщение на самом деле несущественно и касается лишь экзотических вырожденных случаев.

О ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ПРОДОЛЬНОЙ СТРУКТУРНОЙ ФУНКЦИИ

В.Н. ГРЕБЕНЕВ

*Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск, Россия
(09.10.2007)*

Дана геометрическая интерпретация продольной структурной функции второго порядка в рамках замкнутой модели для уравнений Кармана—Ховарта в случае однородной изотропной турбулентности. Кроме того, показано, что автомодельное решение (продольная корреляционная функция), полученное Ю.М. Лыткиным и затем независимо М. Оберлаком, для данной модели совпадает с образующей поверхности вращения Бельтрами. Автомодельное решение, зависящее от инварианта Лойцянского, порождает семейство траекторий на поверхности вращения Бельтрами; численные эксперименты, проведенные Г.Г. Черных и другими исследователями, показывают, что автомодельное решение является асимптотическим, и это дает основание считать поверхность вращения Бельтрами притягивающим множеством (аттрактором) для решений замкнутой модели уравнения Кармана—Ховарта. Отрицательность кривизны поверхности Бельтрами накладывает свойство стохастичности на поведение траекторий, пролегающих по данной поверхности, как указано В.И. Арнольдом.

ТРЕХМЕРНЫЕ ЧИСЛЕННЫЕ МОДЕЛИ КОНВЕКЦИИ В ВЕРХНЕЙ МАНТИИ ЗЕМЛИ

В.В. ЧЕРВОВ

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Новосибирск, Россия
(16.10.2007)*

Построены и детально протестированы трехмерные численные модели тепловой конвекции в верхней мантии Земли, основанные на уравнениях Навье—Стокса в приближении Обербека—Буссинеска и геодинамическом приближении для конвективных слагаемых в уравнениях импульсов. Представлены результаты моделирования конвекции под кратами Центральной Азии.

ПРЯМОЕ ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ ТУРБУЛЕНТНОЙ КОНВЕКЦИИ

И.Б. Палымский

Новосибирский военный институт, Россия

(23.10.2007)

В трехмерной постановке рассмотрена задача о конвекции несжимаемой жидкости между двумя горизонтальными плоскостями при подогреве снизу. Рассчитанный временной спектр температурных пульсаций в центре конвективной ячейки при надкритичности 410 хорошо согласуется с экспериментальным. Для пульсаций скорости получены спектры Колмогорова $k^{-5/3}$, Болджиано—Обухова (БО) $k^{-11/5}$, k^{-3} , k^{-5} и спектр Гейзенберга k^{-7} . Для температурных пульсаций получены спектры БО $k^{-7/5}$, Колмогорова $k^{-5/3}$ и $k^{-2.4}$. Обнаружено, что оба сценария развития турбулентности (Колмогорова и БО) тесно переплетены и реализуются одновременно. Наличие ясно идентифицируемых спектров в исследуемом конвективном течении позволяет характеризовать данный процесс как развитую турбулентность.

АДАПТИВНЫЕ СХЕМЫ ДЛЯ ЗАДАЧ ПЕРЕНОСА ПАССИВНОЙ ПРИМЕСИ

В.Б. КАРАМЫШЕВ

Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск, Россия

(30.10.2007)

Рассмотрена технология конструирования высокоточных неосциллирующих схем на разнесенной сетке для решения задач переноса пассивной примеси в равнинных водохранилищах.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ АСИМПТОТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СОСТОЯНИЯ РАВНОВЕСИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ МОМЕНТНЫХ УРАВНЕНИЙ ПЕРЕНОСА ЗАРЯДА В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

(по материалам кандидатской диссертации)

Р.С. БУШМАНОВ

Новосибирский государственный университет, Россия

(06.11.2007)

Любая математическая модель, применяемая на практике, должна быть адекватна реальным физическим процессам. Так, при моделировании полупроводниковых приборов важно правильно описать переходный процесс при снятии приложенного напряжения смещения. Известно, что без напряжения смещения в полупроводниковых приборах отсутствует электрический ток. Поэтому стационарное решение математической модели, описывающей отсутствие потока электронов, должно быть асимптотически устойчиво. В работе рассматривается гидродинамическая модель переноса заряда в полупроводниках, полученная из бесконечной системы уравнения Больцмана с помощью принципа максимума энтропии (MEP — maximum entropy principle). Основным результатом

является построение глобальных априорных оценок, позволяющих доказать следующие утверждения:

1) при определенных ограничениях на функцию плотности легирования и начальные данные состояние равновесия для одномерной МЕР-модели асимптотически устойчиво (по Ляпунову);

2) при определенных ограничениях на функцию плотности легирования состояние равновесия для двумерной МЕР-модели асимптотически устойчиво (по Ляпунову) в линейном приближении.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЫМОВЫХ АЭРОЗОЛЕЙ НА ПРОЦЕССЫ В АТМОСФЕРЕ

(ПО МАТЕРИАЛАМ КАНДИДАТСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ)

О.А. ДУБРОВСКАЯ

Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск, Россия

(20.11.2007)

В докладе представлены результаты работы по исследованию процессов распространения аэрозоля с учетом конвекции и турбулентного обмена, влажности, силы и направления ветра, а также механизма влияния крупнодисперсного дымового аэрозоля на процессы облако- и осадкообразования при лесных пожарах. Предложена методика восстановления значений концентрации газовых составляющих по данным о лесных пожарах и по метеорологическим данным. Сделана оценка концентрации примеси в заданном регионе с помощью построения обратных траекторий. Для восстановления значений использовалась процедура усвоения данных, реализованная в виде комплекса прикладных программ, предназначенного для проведения численных экспериментов по оценке концентрации газовых составляющих.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЯЗКИХ НЕСЖИМАЕМЫХ ТЕЧЕНИЙ СО СВОБОДНЫМИ ГРАНИЦАМИ УСЛОВНО-БЕССЕТОЧНЫМИ МЕТОДАМИ

(ПО МАТЕРИАЛАМ КАНДИДАТСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ)

Т.С. РЕЙН

Кемеровский государственный университет, Россия

(04.12.2007)

Усовершенствование вычислительных машин в 60-е годы XX века столетия стимулировало развитие вычислительных методов в естественных науках, инженерных дисциплинах и в управлении. Появление персональных компьютеров на рубеже 70–80-х годов заметно ускорило процессы разработки новых алгоритмов и математических моделей. Дальнейшее развитие вычислительной техники — создание многопроцессорных компьютеров — позволило успешно решать задачи моделирования сложных физических процессов. В связи с этим разработка новых математических алгоритмов является важной и актуальной задачей.

В диссертационной работе рассматривается обобщенный метод естественных соседей (general natural element method), относящийся к классу условно-бессеточных методов. Данный метод позволяет моделировать течения вязкой несжимаемой жидкости со свободными границами, сопровождающиеся сильными деформациями расчетной области.

МЕТОД ЕСТЕСТВЕННЫХ СОСЕДЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
ИДЕАЛЬНОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ
С БОЛЬШИМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ СВОБОДНОЙ ГРАНИЦЫ
(МО МАТЕРИАЛАМ КАДИДАТСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ)

С.Н. КАРАБЦЕВ

Кемеровский государственный университет, Россия
(22.05.2007)

Моделирование волновых процессов, связанных с сильными нелинейными эффектами, такими, например, как обрушение волн при движении тел под свободной поверхностью, взаимодействие волн с преградами, выход волн на мелководье, невозможно без использования современных численных методов, допускающих нарушение односвязности расчетной области. Кроме кинематического поведения жидкости большой интерес вызывает задача определения динамического воздействия волн на береговые сооружения и конструкции.

Целью диссертационного исследования является создание эффективного численного алгоритма на основе метода естественных соседей (natural element method — NEM) и его реализация в виде программного комплекса, позволяющего проводить численное моделирование нестационарных течений идеальной несжимаемой жидкости с большими деформациями свободной границы. Модификация алгоритма метода естественных соседей заключается в следующих основных этапах:

- 1) применение метода дробных шагов для решения задач динамики идеальной несжимаемой жидкости со свободными границами, описываемых системой уравнений Эйлера;
- 2) применение алгоритма на основе разбиения Вороного для поиска естественных соседей узловой точки и построения структуры узловой связности;
- 3) реализация и использование для поиска границ одно- и многосвязных расчетных областей алгоритма “альфа-шейп”, в основе которого лежит разбиение Вороного;
- 4) использование расширенной триангуляции Делоне для интегрирования слабой формы уравнений движения и неразрывности;
- 5) обобщение метода естественных соседей на многосвязные области.

Модифицированный метод естественных соседей позволяет численно моделировать задачи гидродинамики с большими деформациями расчетной области, включающие сильно нелинейные режимы с интенсивной завихренностью, а также вычислять динамические нагрузки на твердые преграды.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРУШЕНИЯ
ВНУТРЕННИХ ВОЛН В СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ТЕЧЕНИЯХ

С.Н. ЯКОВЕНКО

Институт теоретической и прикладной механики СО РАН, Новосибирск, Россия

T.G. THOMAS, I.P. CASTRO

School of Engineering Sciences, University of Southampton, UK

(18.12.2007)

Для описания стратифицированных течений применено прямое численное моделирование (DNS) трехмерных нестационарных уравнений Навье—Стокса и диффузии

скаляра. Алгоритм DNS/LES для расчета поля скорости на параллельных компьютерах, основанный на многоблочной архитектуре, модифицирован путем введения приближения Буссинеска и дополнительного уравнения переноса для скаляра. В тестах для турбулентных течений в каналах с нулевым, пассивным и активным скаляром с различными граничными условиями для скалярного свойства показано хорошее согласие полученных характеристик полей скорости и скаляра с данными DNS и экспериментов других авторов. Предприняты численные эксперименты по генерации, развитию и обрушению внутренних волн в устойчиво стратифицированной среде. Внутренние волны формируются при помощи “пористого” трехмерного препятствия синусоидальной формы, эмулируемого при введении соответствующих членов сопротивления в основные уравнения. Показана корректная зависимость гравитационных волн от числа Фруда и относительной высоты препятствия. Получены предварительные результаты по моделированию обрушения внутренних волн в течениях за двумерными и трехмерными выступами.

Место и время проведения заседаний: по вторникам, в 16.00, конференц-зал Института вычислительных технологий СО РАН.

Адрес: проспект Лаврентьева, 6, Новосибирск, 630090.

Секретарь семинара: доцент Владимир Борисович Карамышев.

e-mail: kary@ict.nsc.ru

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