

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 вторую половину 2019 г.

Численное моделирование размыва связного грунта (по материалам кандидатской диссертации)

А.И. Зимин

Кемеровский государственный университет, Кемерово

*Кемеровский филиал Института вычислительных технологий СО РАН, Кемерово
(08.10.2019)*

Работа посвящена построению модели двух- и трехкомпонентной вязкой несжимаемой жидкости для задач размыва и переноса связного грунта под действием внутреннего течения и поверхностных волн. Подобные задачи могут возникать при необходимости контроля за устойчивостью нефте- или газодобывающих платформ гравитационного типа, расположенных на прибрежном шельфе. Такие платформы держатся на дне благодаря огромной массе основания. В случае, когда дно является связным грунтом (глина, ил и т. п.), инженерные методы не всегда могут обеспечить получение корректной картины размыва, а проведение лабораторных экспериментов зачастую технически не представляется возможным.

Модель описывается нестационарной системой уравнений Навье — Стокса (с учетом переменных вязкости и плотности), уравнениями конвективной диффузии и уравнениями для определения вязкости и плотности, зависящими от концентрации компонентов. В модели учитываются эффекты намокания и диффузии грунта в воде. Представлены результаты двух- и трехмерных расчетов задач размыва связного грунта (размыв грунта вблизи препятствия, Hole Erosion Test), распространения поверхностных волн (обрушение столба жидкости, распространение одиночной волны в гидроволновом лотке) и взаимодействия волн и донного грунта (движение подводного оползня, размыв грунта под действием поверхностных волн).

Информационные технологии и автоматизация в фотонике

Н.Л. КАЗАНСКИЙ

Институт систем обработки изображений РАН, Самара

(15.10.2019)

Анализируется актуальность исследований в области фотоники для Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН. В настоящее время внимание ученых приковано к таким направлениям фотоники, как оптика наноструктур

(нанофотоника), поверхностные плазмоны, светодиодные технологии, оптическая обработка информации, фотонные кристаллы, развиваемые в ИСОИ РАН. Прогресс в этих областях определяется возможностями расчета и формирования оптических микро- и наноструктур рассчитанной формы. Для создания оптических элементов с недостижимыми в классической оптике свойствами надо решить некорректную обратную задачу теории дифракции. Для каждого нового класса оптических элементов и устройств создаются индивидуальные средства автоматизации проектирования и формируется собственная схема организации оптического эксперимента.

Современное развитие технологий записи позволяет создавать оптические элементы с микро- и наносо свойствами. Для моделирования и расчета таких субволновых микроструктур необходимо решать уравнения Максвелла. В ИСОИ РАН развиваются основные методы решения уравнений Максвелла применительно к задачам микрооптики и дифракционной нанофотоники. Наиболее универсальным является подход, основанный на разностном решении уравнений Максвелла (FDTD-метод). Предложенный численный способ задания прозрачного излучающего условия имеет меньшую вычислительную сложность (за счет адаптации к задачам микрооптики) и не порождает не существующих в природе отраженных волн. Для такой записи прозрачного излучающего условия удалось предложить эффективные методы декомпозиции сеточной области для распараллеливания вычислений.

Одним из вариантов решения уравнений Максвелла является метод фурье-мод, известный в англоязычной литературе как Rigorous Coupled Wave Analysis. Он не предназначен для наблюдения переходных и неустоявшихся процессов, но благодаря нашим усилиям работает достаточно быстро, в частности, наше программное обеспечение для расчета многопорядковых дифракционных решеток существенно выигрывает по времени расчета (особенно для больших размерностей) у фирменных аналогов, например у коммерческого пакета Gsolver американской фирмы Grating Solver Development Company.

Разработанные информационные технологии решения уравнений Максвелла позволили выполнить ряд хозяйственных договоров, например рассчитать пирамидальные переходы крупнейшей в Европе ТЕМ-камеры ПАО "АвтоВАЗ", предназначенной для испытаний на электромагнитную совместимость, а также решить множество фундаментальных проблем, связанных с расчетом и моделированием элементов компьютерной оптики и компонентов дифракционной нанофотоники. Например, оптических элементов для сверхострой фокусировки, для детектирования типа поляризации лазерного излучения, гребенчатых фотонно-кристаллических волноводов для дифференцирования и интегрирования оптических сигналов.

В докладе сообщается о создании и исследовании систем технического зрения с дифракционными гармоническими линзами и цифровой коррекцией хроматических аберраций на основе нейросетевой реконструкции. Анализируются возможные конструкции таких оптико-цифровых систем и перспективы их использования.

Описываются разработанные в ИСОИ РАН изображающие гиперспектрометры, предназначенные для размещения на наноспутниках и беспилотных летательных аппаратах, а также для применения в быту (в качестве приставки к мобильному телефону). С помощью созданных макетов гиперспектрометров проведены соответствующие съемки и разработано программное обеспечение, которое позволяет по спектральной картине проанализировать влажность почвы или обнаружить посадки наркосодержащих растений, например конопли.

В докладе сообщается о разработке методов расчета линзовых головок светодиодов, обеспечивающих формирование требуемой диаграммы направленности излучения. Для неточечных источников света созданы математические методы и информационные технологии решения обратных задач, описываемых уравнениями Монже — Ампера, и рассчитаны оптические элементы, предназначенные для дорожного и промышленного освещения, а также систем подсветки.

Классная работа над ошибками. II

Г.С. ХАКИМЗЯНОВ

Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск

(05.11.2019)

Продолжается серия специальных заседаний, на которых обсуждаются некоторые вопросы из основ элементарной вычислительной математики, а именно вопросы, возникшие в ходе многолетней работы семинара и вызвавшие неоднозначное толкование в разных группах слушателей и жаркие споры. Чаще эти вопросы связаны с нечеткими утверждениями докладчиков. К таким “спорным утверждениям” относятся, например, такие:

- “схема второго порядка аппроксимации дает более точные результаты, чем схема первого”;
- “последовательным измельчением шагов сетки вдвое можно экспериментально (на компьютере) выявить порядок точности схемы”;
- “TVD-схемы не увеличивают число экстремумов при переходе на следующий слой по времени”.

Имеется еще несколько десятков подобных “утверждений”. На предстоящем заседании предполагается обсудить и, возможно, прийти к консенсусу по таким спорным вопросам:

- Можно ли численно решить чистую задачу Неймана для уравнения Пуассона?
- Действительно ли схемы с односторонними двухточечными разностями имеют лишь первый порядок аппроксимации?
- Можно ли условия Неймана в задачах со смешанными краевыми условиями разностями первого порядка аппроксимировать, сохранив при этом второй порядок аппроксимации дифференциальной задачи?
- Правда ли, что неконсервативные схемы могут не сходиться?

Как и ранее, никаких строгих теорем не будет, а разбор “спорных” вопросов выполним на простейших элементарных примерах.

Оползень и ледовое цунами на Бурее 11 декабря 2018 г.: полевое обследование, моделирование и значение для задач оценки цунамиопасности

В.К. ГУСЯКОВ

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

(12.11.2019)

Возникновение крупномасштабного (объемом до 25 млн куб. м) оползня на южном склоне Бурейского водохранилища в декабре 2018 г. широко освещалось в средствах

массовой информации. Оползень вызвал разрушительное цунами с высотой заплеска до 90 м и привел к полному перекрытию русла реки и остановке пополнения Бурейского водохранилища с площади, составившей две трети от его водосбора. Обеспечение непрерывности работы Бурейской ГЭС, которая является важным элементом единой энергетической сети Дальнего Востока, потребовало экстраординарных мер (привлечения инженерных частей ДВВО) и значительных материальных затрат (до 1 млрд руб.). Одной из возможных причин срыва оползня в не характерное для оползневых процессов время (середина зимы) могли стать процессы перестройки структуры и обводненности поверхностных слоев, происходящие в результате глобального потепления, которые особенно заметны в северных и полярных районах. В этом случае его нельзя считать единичным случайным явлением и нужно быть готовыми к повторению подобных событий в ближайшем будущем как на речных, так и на морских побережьях.

В докладе приводятся результаты полевого экспедиционного обследования оползневых тел и воздействия образовавшейся водной волны на берега водохранилища, первые результаты моделирования процесса схода оползня. Дается обзор других аналогичных случаев обвальных цунами, происшедших в последние десятилетия в различных странах. Обсуждается проблема учета вклада оползневых цунами в вероятностные оценки долгосрочной цунамиопасности побережья.

Моделирование деформирования и разрушения металлокомпозитных баков высокого давления

А.Е. БУРОВ

Красноярский филиал Института вычислительных технологий СО РАН,

Красноярск

(19.11.2019)

Благодаря весовой эффективности металлокомпозитные баки высокого давления (МКБВД), изготавливаемые методом непрерывной намотки, находят широкое применение в различных отраслях промышленности. Несмотря на большой опыт их проектирования, анализа и изготовления, существует ряд проблем адекватного моделирования поведения МКБВД, связанных с неоднородностью свойств композитов и многообразием предельных состояний.

В докладе представлены вычислительные модели и алгоритмы анализа деформирования и разрушения МКБВД. Многомасштабный подход, связывающий инициацию и накопление повреждений с деградацией механических свойств материала, используется для моделирования прогрессирующего разрушения силовой композитной оболочки. Рассмотрены особенности механического поведения и предельных состояний конструкций МКБВД. Обосновывается необходимость учета истории нагружения и вариаций свойств при анализе несущей способности. Результаты расчетов сравниваются с экспериментальными данными, полученными на натурных образцах МКБВД.

Метод частиц для различных масштабных уровней

С.Ю. КОРОСТЕЛЁВ

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

Томский филиал Института вычислительных технологий СО РАН, Томск

(26.11.2019)

Рассмотрены два метода моделирования свойств материалов: метод молекулярной динамики и метод подвижных клеточных автоматов. Оба метода можно отнести к ме-

тоду частиц, поскольку в их основе лежит численное решение системы классических уравнений движения для ансамбля взаимодействующих частиц.

С использованием метода молекулярной динамики моделируются материалы на атомарном уровне. Взаимодействие атомов в системе может быть описано как эмпирическими потенциалами, так и различными потенциалами, рассчитанными из “первых принципов” квантовых уравнений. Метод подвижных клеточных автоматов представляет материал в качестве системы клеточных автоматов. Автоматы могут иметь размеры в соответствии с решаемыми задачами, от нескольких нанометров до нескольких десятков метров, например, при моделировании геологических объектов. Приведены результаты моделирования для обоих методов.

Исследование монотонности и точности схемы CABARET (по материалам кандидатской диссертации)

Н.А. ХАНДЕЕВА

*Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева, Новосибирск
(03.12.2019)*

Работа посвящена теоретическому и экспериментальному исследованию схемы CABARET, построению различных модификаций схемы, улучшающих ее свойства, и применению этой схемы для численного моделирования пленочных течений.

Впервые предложены модификации схемы CABARET, обеспечивающие: повышенную точность на локальных экстремумах рассчитываемых решений; монотонность по Годунову при расчете скалярного закона сохранения с выпуклым потоком; выполнение разностного аналога энтропийного неравенства, что гарантирует отбор устойчивых ударных волн.

Методы интервального анализа в экономической модели межотраслевого баланса (по материалам кандидатской диссертации)

А.П. ТЕМИР-ООЛ, С.П. ШАРЫЙ

*Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН,
Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск
(10.12.2019)*

Представлены результаты практического применения интервальных методов в условиях неопределенности матрицы коэффициентов прямых производственных затрат в экономической модели межотраслевого баланса.

Методы граничных элементов и критерии разрушения в трехмерных задачах зарождения и распространения трещин (по материалам кандидатской диссертации)

Д.С. КУРАНАКОВ

*Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск
(17.12.2019)*

Доклад посвящен методам граничных элементов (МГЭ) и критериям разрушения в трехмерных задачах зарождения и распространения трещин. Основными результатами работы являются:

- Трехмерная математическая модель зарождения трещины, включающая новые критерии разрушения:
 - осредненное по отрезку напряжение сравнивается с прочностью на разрыв;
 - растягивающие напряжения сравниваются с локальной прочностью на разрыв, зависящей от минимального радиуса кривизны поверхности тела.
- Две модификации метода граничных элементов решения задач упругости с полостью и трещиной:
 - МГЭ, в котором трещина — пропил малой, но конечной ширины;
 - дуальный МГЭ. Метод вычисления коэффициентов интенсивности напряжений повышенной точности, обеспечивающий корректную аппроксимацию разрыва смещений на фронте трещины.
- Программный комплекс для решения задачи зарождения трещины и вычисления напряженно-деформированных состояний тела с полостями и трещинами.
- Результаты решения задачи зарождения трещины на поверхности полости нефтяной скважины с перфорацией: зависимости давления зарождения трещины, местоположения и ориентации зародышевой трещины от ориентации скважины и перфорации относительно напряжений залегания.

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>