

Министерство образования и науки Российской Федерации
Правительство Республики Саха (Якутия)
Министерство науки и профессионального образования РС(Я)
ГОУ ВПО “Якутский государственный университет
имени М.К.Аммосова”
Институт математики и информатики ЯГУ

II Всероссийская научная конференция и
VII Всероссийская школа-семинар студентов, аспирантов,
молодых ученых и специалистов

“МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ”

Тезисы докладов
15 – 22 июня 2009 г.



Якутск 2009

УДК 519.6; 517.9; 681.3; 523.165
ББК 22.1

II Всероссийская научная конференция и VII Всероссийская школа-семинар студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов “Математическое моделирование развития Северных территорий Российской Федерации”: Тез. докл. / Якутск: Филиал изд-ва ЯГУ, ИМИ ЯГУ, 2009. – 108 с.

Редакционная коллегия:
д.ф.-м.н. *Васильев В.И.*, к.ф.-м.н. *Тронева М.С.*

В сборник включены тезисы докладов, принятые оргкомитетом для участия во II Всероссийской научной конференции и VII Всероссийской школе-семинаре студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов “Математическое моделирование развития Северных территорий Российской Федерации”.

Доклады участников конференции посвящены актуальным вопросам математического моделирования, инновационных и информационных технологий, которые представлены на следующих секциях:

1. Математическое моделирование социально-экономического развития Арктики и регионов Севера;
2. Математическое моделирование и инновационные технологии в недропользовании;
3. Современные проблемы математики и механики;
4. Вычислительные и информационные технологии.

Секция 1. Математическое моделирование социально-экономического развития Арктики и регионов Севера

Многофакторный анализ производительности труда в горной промышленности

Батугина Е.Н., Томская А.Г.

ЯГУ, Якутск

РС (Я) является горнодобывающим регионом, около 60-65 % валового внутреннего продукта создается в горнодобывающих отраслях, среди которых наиболее развиты отрасли по добыче алмазов, золота, олова, угля.

Целью исследования является разработка методики анализа и прогнозирования показателей работы горнодобывающих предприятий с применением экономико-статистических методов (корреляционно-регрессионного анализа, распознавания образов и многомерной классификации) и использование ее для соизмерения объективных условий производства (что очень важно в системе налогообложения предприятий), при прогнозировании экономических показателей и поиске резервов их роста.

Известно, что производительность труда персонала на предприятии зависит от трех основных факторов: от объема произведенной продукции, численности работающих и от продолжительности отработанного времени. Однако в реальной действительности число факторов, влияющих на производительность труда очень велико. Этих факторов на предприятиях горнодобывающих отраслей промышленности так много, что их, как правило, объединяют в отдельные группы. К таким группам влияющих факторов можно отнести природные факторы, технические, организационно-технические и социально экономические.

Несомненно, сбор такой информации о предприятии требует значительных затрат времени и труда, но он позволяет системно охарактеризовать изучаемое явление, такое как формирование производительности труда на предприятии и найти резервы ее роста через воздействие на управляемые факторы.

Полная совокупность факторов, влияющих на производительность труда, является разнотипной. Это выражается тем, что многие факторы имеют различный диапазон изменения, различную природу возникновения, кроме этого они измерены в различных шкалах. Часть

факторов являются управляемыми, другие не поддаются воздействию со стороны человека.

Среди этих факторов много таких, которые имеют количественное измерение, но есть и такие которые не имеют количественного измерения, а измерены в ранговой шкале или в шкале наименований.

Среди этих факторов есть и такие, которые не укладываются ни в одну из известных шкал измерений - это группа структурных факторов (например, структура численности персонала). В исследовании эта группа факторов рассматривается как многомерные факторы, размерность которых совпадает с числом элементов входящих в фактор.

Отмеченная разнотипность информации не позволяет использовать традиционный корреляционный анализ для изучения причинно-следственного механизма между производительностью труда на предприятии и факторами, влияющими на нее.

Корреляционно - регрессионный анализ, который может быть использован для построения показанной модели производительности труда, предъявляет жесткие требования к информации, которые заключаются в том, что она должна быть измерена только в количественной шкале и подчиняться нормальному закону распределения.

Такое ограничение снимается, если для моделирования производительности труда использовать теорию распознавания образов. Использование этого метода для прогноза и управления производительностью труда требует предварительного разбиения всей совокупности изучаемых объектов (горных предприятий) на два таксона (класса) и позволяет выделить среди множества влияющих факторов такие, которые в наибольшей степени ответственны за формирования производительности труда персонала (информативные факторы) и построить прогнозные модели распознавания и управления.

Многофакторные модели распознавания позволяют дать количественную оценку степени влияния отдельных изучаемых факторов на производительность труда, а также использовать эти модели для управления и прогнозирования показателя для нового объекта (горного предприятия) по системе информативных факторов.

Кроме того, использование методов многомерной классификации позволяет построить таксономию горнодобывающих предприятий в пространстве анализируемых информативных факторов, чтобы изучить основные характеристики полученных таксонов (однородных групп объектов), которые несут в себе большую информацию для принятия управленческих решений.

В исследовании были построены многофакторные корреляционно-регрессионные модели и модели распознавания образов для показателя производительность труда на угольных предприятиях отрасли. Для

этого была собрана информация о деятельности предприятий на 70 угольных предприятиях России. Полученные многофакторные модели нашли применение при решении задач прогноза производительности труда на проектируемых угольных предприятиях Сибири и при выявлении резервов роста эффективности производства Кангаласского угольного разреза РС (Я).

Структурное моделирование рассредоточенного рынка электроэнергии на основе использования методов поиска равновесия и поузловой увязки

Бекетов Н.В., Ноева Е.Е.

ФЭИ ЯГУ, Якутск

В данной работе рассматривается рынок электроэнергии, включающий фиксированное конечное число производителей, которые неоднородны по производственным мощностям и неубывающим предельным издержкам производства, а поведение потребителей характеризуется функцией спроса. В таких рынках используется двухсторонний аукцион закрытого типа, где каждый участник назначает заявку в виде ступенчатой функции, а рыночная цена определяется из условия равенства спроса и фактического предложения.

В рассматриваемом рынке электроэнергии субъекты рассредоточены по различным пунктам – локальным рынкам (узлам энергосистемы) связанными между собой линиями электропередачи. Каждый узел может быть либо пунктом производства, либо потребления и характеризуется кривыми спроса и предложения. Каждая коммуникация характеризуется транспортной кривой, описывающей зависимость объема перевозки между пунктами от разности цен в них.

Равновесие на таких рынках, называемых рассредоточенными, понимается как состояние, при котором покупка, продажа и перевозка осуществляются в соответствии с уравнениями материального баланса каждого пункта и их соотношениями в виде кривых.

Для построения модели рассредоточенного оптового рынка электроэнергии в работе применяется аппарат теории гидравлических сетей. Пусть $G = (E, V, H)$ – связный конечный ориентированный граф, где E – множество вершин графа, V – множество дуг, H – отображение, ставящее в соответствие каждой дуге $v \in V$ упорядоченную пару $(h1(v), h2(v))$ вершин из E ; $h1(v)$ – начало дуги v ; $h2(v)$ – конец. Будем говорить, что из вершины i выходит дуга v , если $i = h1(v)$, и входит в вершину j , если $j = h2(v)$. Множество дуг, входящих в вершину

i , обозначим через $V + (i)$, множество дуг, выходящих из вершины i , обозначим через $V - (i)$.

Граф G может быть интерпретирован как единая энергосистема страны или как энергозона, содержащая от одной до нескольких энергосистем. Каждая вершина графа представляет собой узел энергосистемы. Дуги графа представляют линии электропередачи. Вершины графа $i \in E$ будем интерпретировать как локальные пункты купли-продажи электроэнергии.

Каждой вершине $i \in E$ поставлены в соответствие цена P_i электроэнергии, производство η_i и потребление ξ_i электроэнергии. Поведение каждого субъекта рынка описывается в виде функций предложения генерирующего предприятия $\eta_i(P_i)$, функций спроса $\xi_i(P_i)$ покупателей конкурирующего рынка.

Вершины $i \in E$ разобьем на три непересекающиеся части E^1 , E^2 и E^3 . Вершины из E^2 являются узлами, принадлежащими транспортно-сетевым компаниям, в них сходятся и расходятся линии электропередач. В вершинах из E^1 находятся генерирующие станции электроэнергии (продавцы). В вершинах из E^3 находятся конечные потребители электроэнергии (покупатели). Дуги $v \in V$ участка сети принадлежат конкурирующим между собой транспортно-сбытовым компаниям. Они покупают электроэнергию в узлах из E^1 , по дугам $v \in V$ и через узлы E^2 транспортируют ее к узлам E^3 – конечным потребителям.

Цены P_i определены только в узлах E^1 и E^3 , в которых происходит обмен товаром – электроэнергией. Среди элементов множеств E^1 и E^3 выделим соответственно подмножества E_c^1 (вершины с постоянной ценой и свободным отбором) и E_c^3 (вершины с постоянной ценой и свободным отбором). В вершинах E^2 цен нет, это промежуточные узлы транспортно-сбытовых компаний. Функция заявок спроса и предложения представляет собой трехступенчатую функцию, согласно регламенту ОАО Росэнерго подачи ценовых заявок.

Таким образом, в узлах системы $i \in E^1 \cup E^2$ заданы кусочно-постоянные функции спроса (предложения), отсортированные в порядке убывания (возрастания). Поведение каждого субъекта можно описать следующим образом:

$$\eta_i = \eta_i(P_i), i \in E^1 \setminus \{E_c^1\}, \quad (1)$$

где η_i – объем предложения в зависимости цены в вершине.

$$P_i = P * i, i \in E_c^1. \quad (1^*)$$

Модель потребления

$$\xi_i = \xi_i(P_i), i \in E^3, \quad (2)$$

где ξ_i – объем спроса в зависимости цены в вершине.

$$P_i = P * i, i \in E_c^3. \quad (2^*)$$

Соотношения (1*), (2*) будем называть граничными условиями.

Модель транспорта по дуге

Пусть y_v – величина потока электроэнергии, идущего по дуге $v \in V$ (положительный по направлению дуги, отрицательный в обратном направлении). Объем транспорта y_v по дуге v зависит от разности цен между соединяющими пунктами, а также пропускной способности ЭЭС. R_v – вектор объемов ресурсов на дуге. Имеем

$$|y_v| \leq f_v(R_v), v \in V, \quad (3)$$

тогда затраты на дуге

$$\langle PR_v R_v \rangle, v \in V. \quad (4)$$

В условиях равновесия объемы производства и потребления, ввоза-вывоза электроэнергии сбалансированы, поэтому

$$\Sigma\{y_v : v \in V+(i)\} - \Sigma\{y_v : v \in V(i)\} + \eta_i - \xi_i = 0, i \in E. \quad (5)$$

Таким образом, модель рассредоточенного оптового рынка электроэнергии может быть представлена в виде уравнений (1)-(5). Для отыскания равновесного состояния на представленной модели рассредоточенного рынка используется алгоритм поузлового увязки, который является более универсальным, чем метод Лагранжа.

Расчет финансовой устойчивости предприятия

Варфоломеева Т.Э.

ИМИ ЯГУ, Якутск

Эффективное управление предприятием заключается в умении рационально распоряжаться финансовыми ресурсами предприятия. Вместе с системой планирования и методами принятия решений в области менеджмента, понимание принципов и технологий финансового менеджмента является необходимым условием развития организации. Правильное сочетание принципов и технологий способствует стабильному развитию организации, улучшению его финансового состояния. Поэтому финансовое состояние является важнейшей характеристикой деятельности предприятия. Оно определяет конкурентоспособность предприятия и его потенциал в деловом сотрудничестве, является гарантом эффективной реализации экономических интересов всех участников финансовых отношений: как самого предприятия, так и его партнеров.

Основным инструментом для оценки финансового положения предприятия служит финансовый анализ, при помощи которого можно объективно оценить и внешние отношения анализируемого субъекта: охарактеризовать его платежеспособность и ликвидность, эффективность и доходность деятельности, перспективы развития, а затем по его результатам принять обоснованные решения.

Целью данной работы является анализ использования финансовых ресурсов в Вилуйском лесхозе.

При выполнении работы необходимо решить следующие задачи:

- провести предварительную оценку финансового состояния Вилуйского лесхоза на основе баланса;
- дать оценку ликвидности и финансовой устойчивости предприятия;
- охарактеризовать деловую активность;
- дать основные рекомендации по улучшению использования финансовых ресурсов.

Основой информационной базы для финансового анализа является финансовая (бухгалтерская) отчетность Вилуйского лесхоза. Анализ проводится за три года: с 2005 по 2007г.

Лесхоз осуществляет свою деятельность в целях обеспечения рационального, непрерывного и неистощимого использования лесов, их охраны, защиты и воспроизводства, исходя из принципов устойчивого управления лесами и сохранения биологического разнообразия лесных экосистем.

Экономико-математические приложения в Excel.

Васильева Т.И.

ЯГСХА, Якутск

Информационные технологии моделирования производственных и экономических обстановок разрешают обоснованно подбирать и минимизировать количество включаемых в обсуждение моментов и составляющих, выявлять присутствие 1-го или же нескольких локальных критериев, способствующих оптимизации режима функционирования исследуемой или же прогнозируемой производственной, экономической или же иной работы, согласовывать их с массовым аспектом оптимизации функционирования ИС и финансового объекта в общем.

Основной командой для решения оптимизационных задач в Excel, требующих применения линейного и нелинейного программирования, а также методов исследования операций применяется надстройка - Поиск решения. Чтобы использовать надстройку Поиск решения не обязательно знать методы программирования и исследования операций, но необходимо определять, какие задачи можно решать этими методами. В основе надстройки лежат итерационные методы. "Поиск решения" позволяет использовать одновременно большое количество изменяемых ячеек (до 200) и задавать ограничения для изменяемых ячеек.

Эконометрический анализ ряда динамики при наличии структурных изменений

Гоголева В.И.

ЯГСХА, Якутск

При исследовании микро- и макроэкономических показателей сельскохозяйственного производства метод аналитического сглаживания для выявления тенденции в рядах динамики не применим, в целом. Выяснение влияния общих структурных изменений на характер тенденции временного ряда с помощью теста Чоу показывают, что фактические значения превышают критическое. Для сглаживания уровней ряда применяются кусочные линии тренда и при выборе лучшей аппроксимирующей функции в каждом подпериоде используется процедура "Добавить линию тренда" в Excel. В данном случае, полиномиальная функция не подходит из-за неустойчивости основных показателей, так как в основном они меняют направление развития. Чем больше величина коэффициента детерминации и меньше остаточная дисперсия, тем лучше функция отображает исходные уровни ряда. Окончательное решение о форме функции можно с помощью теста на различие в остаточных дисперсиях. Оценка существенности уравнения тренда и его параметров по критерию Фишера и Стьюдента необходима в силу того, что сам временной ряд рассматривается как выборка - одна из возможных реализаций случайного процесса.

Имитационное моделирование многоканальной системы массового обслуживания с очередью

Дьячковская М.П., Степанова А.Е.

ИРЭС, Якутск

Процесс моделирования можно разделить на два вида - математическое и физическое моделирование. Особым классом математических моделей являются имитационные модели. Такие модели представляют собой компьютерные программы, которые шаг за шагом воспроизводят события, происходящие в реальной системе. Результатом работы имитационной модели являются собранные в ходе наблюдения за протекающими событиями статистические данные о наиболее важных характеристиках сети.

Каждая система массового обслуживания (СМО) предназначена для обслуживания (выполнения) некоторого потока заявок (требований), поступающих на вход системы большей частью не регулярно,

а случайные моменты времени. Обслуживание заявок, в этом случае, также длится не постоянно. После обслуживания заявки канал освобождается и готов к приему следующей заявки. Заявки, скапливающиеся на входе СМО, либо “становятся” в очередь, либо по причине невозможности дальнейшего пребывания в очереди покидают СМО не обслуженными.

Таким образом, во всякой СМО можно выделить следующие основные элементы: 1) входящий поток заявок; 2) очередь; 3) каналы обслуживания; 4) выходящий поток обслуженных заявок.

Системы массового обслуживания могут быть одноканальными или многоканальными. В зависимости от условий ожидания начала обслуживания - с потерями (отказами), с ожиданием или смешанного типа. По месту нахождения источника требований СМО делится на: разомкнутые, когда источник системы находится вне системы и замкнутые, когда источник находится в самой системе.

В практической части было рассмотрено система массового обслуживания с очередью, на примере модели автозаправочной станции. Данная задача моделировалась на DELPHI, где число колонок, допустимая очередь, поток и продолжительность заправки машин - вводится пользователем.

Для начала должны проверить данные, полученные путем наблюдения за авто заправкой в г. Якутске, приведенные в таблице, на их соответствие распределению Пуассона.

Таблица 1: Данные для проверки гипотезы по критерию Колмогорова - Смирнова

Число событий	Наблюд. частота	Наблюд. вероятность	Теорет. вероятность	Наблюд. распределение	Теорет. распределение	Абсол. разность
	1	2	3	4	5	
0	22	0,73	0,74	0,73	0,74	0,01
1	7	0,23	0,22	0,96	0,96	0
2	1	0,03	0,03	1	1	0

Эти данные имеют следующий смысл. На отрезке времени наблюдаем случайные события, число которых равно N . Если это распределение Пуассона, то вероятность $P\{x = n\}$ того, что $x = n$, где n - заданное число, равна: $P\{x = n\} = \frac{\lambda^n \cdot e^{-\lambda}}{n!}$, где: $e = 2,71828$; $\lambda = 0,3$ (интенсивность поступления требований); $n = 0, 2$ и $N = 30$.

$$P\{0\} = \frac{0,3^0 \cdot 2,718^{-0,3}}{0!} = 0,74; P\{1\} = \frac{0,3^1 \cdot 2,718^{-0,3}}{1!} = 0,22;$$

$$P\{2\} = \frac{0,3^2 \cdot 2,718^{-0,3}}{2!} = 0,03.$$

Наибольшую абсолютную разность 0,01 необходимо сравнить с критическим значением $D_\alpha = \frac{1,36}{\sqrt{N}}$. Поскольку наибольшая разность $0,01 < D_{extr} = 0,24$, то наблюдаемое распределение – пуассоновское.

Рассмотренная в практической части модель “Автозаправочная станция”, является разомкнутой многоканальной системой массового обслуживания с ограниченной длиной очереди. Поступающий поток заявок на обслуживание является простейшим (Пуассоновским), а время обслуживания соответствует показательному закону распределения, это было доказано с помощью непараметрического критерия Колмогорова - Смирнова и методом Монте - Карло. Также проведен анализ требований и расчеты по модели. Разработан алгоритм расчетов по модели, по которому написана программа на языке программирования DELPHI.

Программа позволяет определять состояние обработки на каждом шаге алгоритма, контролировать статистические данные, введенные для имитации для выявления оптимального числа каналов и допустимой длины очереди была успешно достигнута. Проверка алгоритма и программы на адекватность показала, низкий процент ошибок, и соответствие поставленным перед ней задачам. Оптимальное число канала составляет 2 автозаправочные колонки, для местности с интенсивностью потока не более 0,3 и временем обслуживания менее чем 2 мин.

Анализ и прогнозирование бивалютной корзины

Малакшинова Э.И.

ВСГТУ, Улан-Удэ

На изменение бивалютной корзины, как и на изменение курса валюты, влияет ряд экономических показателей: ВВП, ВВП (рассчитанный по ППС), торговый баланс страны, баланс текущих операций, учетная ставка. В работе проанализирована динамика корзины с момента ее появления - с февраля 2005 г. по апрель 2009 г.

Исследование взаимосвязей между несколькими признаками выполнено на основе регрессионной модели. Для оценки влияния каждого из представленных факторов на динамику стоимости бивалютной корзины построим уравнение множественной регрессии по имеющимся поквартальным данным темпов роста: Y – стоимость бивалютной корзины; X_1 – ВВП на душу населения; X_2 – ВВП по ППС; X_3 – торговый баланс; X_4 – учетная ставка; X_5 – счет текущих операций.

Исследование взаимосвязей признаков методом последовательного исключения незначимых факторов привело к получению следующего уравнения:

$$y = 74,78 - 0,025x_3 + 0,287x_4.$$

Множественный коэффициент корреляции $R = 0,849$; коэффициент детерминации $R^2 = 0,72$; Критерий значимости Фишера $F(2,13)=16,739$; Уровень надежности $p < 0,00025$; стандартная ошибка оценивания - $0,81278$. Данное уравнение регрессии на 72% объясняет вариацию стоимости корзины вариацией рассмотренных факторов.

Во многом динамика бивалютной корзины зависит от денежно – кредитной, валютной, а также налоговой политики государства, где невозможно численно представить все изменения. Смягчение и ужесточение денежно-кредитной политики создает тенденцию изменения курса национальной валюты.

Из пяти анализируемых факторов на динамику бивалютной корзины наиболее существенно влияние оказывают торговый баланс и учетная ставка. Бивалютная корзина позволила перейти к регулированию финансового рынка с помощью процентных ставок, как это делается во всех цивилизованных странах, и меньше пользоваться валютными интервенциями. Этот инструмент не даст заработать на росте доллара или евро, но и ограждает сбережения от нежелательного падения иностранных валют.

Прогноз по трендам до конца 2009г. на основе полученного уравнения регрессии говорит о стабилизации стоимости бивалютной корзины, с постепенной плавной девальвацией рубля.

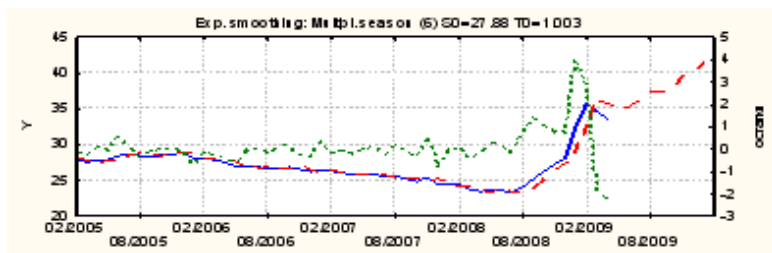


Рис. 1: Прогноз динамики бивалютной корзины

Прогноз динамики стоимости бивалютной корзины до конца 2009 года, на 9 месяцев, выполнен по абсолютным значениям, с помощью метода экспоненциального сглаживания. Результаты позволяют сделать выводы, что дальнейшая девальвация рубля будет продолжаться до

конца рассматриваемого периода. То есть рост стоимости бивалютной корзины будет плавным, также можно наблюдать непродолжительное укрепление рубля, после чего опять предвидится его медленная девальвация.

Определение регионального прожиточного минимума в Республике Саха (Якутия)

Мальшева М.И.

ФЭИ ЯГУ, Якутск

Прогнозирование величины прожиточного минимума в различных регионах России, и в частности в Республике Саха (Якутия), требуется для оценки уровня жизни населения в перспективе, проведения мер по социальной защите населения, обеспечения нормальных условий жизни, выявления путей совершенствования политики доходов в условиях рыночных отношений.

Нами был проведен анализ перспектив развития прожиточного минимума в Республике Саха (Якутия) на 3-й и 4-й кварталы 2008 года и 1-й и 2-й кварталы 2009 года у разных социальных групп (трудоспособного населения, пенсионеров и детей). С этой целью мы исследовали зависимость величины прожиточного минимума (руб.) от индексов цен с использованием статистических методов. Были установлены уравнения линейных регрессий в каждой группе. Для оценки линейной зависимости уравнений регрессии были получены коэффициенты корреляции. Близость коэффициента корреляции к единице характеризует тесную линейную зависимость, оценка значимости коэффициента корреляции по критерию Стьюдента подтвердила его существенное отличие от нуля. Для оценки значимости уравнения регрессии в целом были получены коэффициенты детерминации (R). Их проверка отличия от нуля по критерию Фишера показала значимость полученных уравнений регрессии. Этот же вывод подтвердила оценка значимости коэффициента регрессии a_1 , для которых был построен доверительный интервал истинного значения.

Таким образом, на основании полученных данных можно утверждать, что прогнозируемые значения величин прожиточного минимума для групп населения показаны на таблице ниже.

Проведенное исследование показало прямую пропорциональную линейную зависимость прожиточного минимума от индексов цен (инфляции), т.е. чем выше индекс цен, тем больше прожиточный минимум в разных социальных группах. Достоверность прогнозируемых расчетов подтверждена установленными величинами прожиточного минимума

Год	2008				2009		
	3		4		1		2
Величина прожит. минимума	Прогн. (руб.)	Факт. (руб.)	Прогн. (руб.)	Факт. (руб.)	Прогн. (руб.)	Факт. (руб.)	Прогн. (руб.)
Трудосп. население	7632 - 8000	8009	7818-8209	8128	8003-8419	8128	8188 - 8628
Пенсионеры	5441 - 5976	5997	5574-6144	6084	5707-6312	6084	5839-6480
Дети	6565 -6892	6929	6717-7066	6991	6870-7240	6991	7022-7414

по РС(Я). Результаты могут быть использованы при разработке и реализации региональных социальных программ, для расчетов необходимой государственной социальной помощи малоимущим гражданам и для социальной защиты населения в Республике Саха (Якутия).

Использование методов кластерного анализа для оценки основных народнохозяйственных пропорций экономических районов РС(Я)

Николаева И.В., Набережная А.Т.

ИМИ ЯГУ, Якутск

Кластерный анализ – это совокупность методов, позволяющих классифицировать многомерные наблюдения, каждое из которых описывается набором исходных переменных X_1, X_2, \dots, X_m . Целью кластерного анализа является образование групп схожих между собой объектов, которые принято называть кластерами. Кластерный анализ приводит к разбиению на группы с учетом всех группировочных признаков одновременно. При этом, как правило, не указаны четкие границы каждой группы, а также неизвестно заранее, сколько групп целесообразно выделить в исследуемой совокупности.

Методы кластерного анализа позволяют решать следующие задачи:

- Проведение классификации объектов с учетом признаков, отражающих сущность, природу объектов. Решение такой задачи приводит к углублению знаний о совокупности классифицируемых объектов;
- Проверка выдвигаемых предположений о наличии определенной структуры в изучаемой совокупности объектов;
- Построение новых классификаций для слабоизученных явлений для установления наличия связей внутри структуры.

Количественную оценку сходства объектов в кластерном анализе оценивают с помощью метрики. Если каждый объект описывается к

признаками, то он может быть представлен как точка в k -мерном пространстве, и сходство с другими объектами будет определяться как соответствующее расстояние. Взвешенное евклидово расстояние применяется после придания переменным соответствующих весов в зависимости от целей исследования и социально-экономической сущности классифицируемых переменных.

Для оценки основных народнохозяйственных пропорций экономических районов РС(Я) необходимо для каждой административно-территориальной единицы составить таблицу “Затраты-выпуск” по схеме “От регионального баланса за тот же год”. Для возможности оперирования данными, все значения должны быть переведены в относительные величины, т.е. рассчитаны коэффициенты прямых затрат по модели Леонтьева.

Кластеризация полученных таким образом матриц позволяет провести мониторинг пространственной структуры экономики Республики Саха (Якутия). При этом отслеживается группировка по крупным мезорайонам (кластерам) по сходным значениям структуры МОБ с определением средней технологии по каждой группе (кластеру) и анализ различий и сходства в технологической структуре по кластерам.

Кроме того, предложенная методика даст возможность выявить оптимальную стратегию в определении направления разработки предложений по совершенствованию технологической структуры производства валового продукта региона в целом, выявление перспективных направлений специализации территорий, базирующихся на природном и социально-экономическом районировании. Районирование по мезорайонам позволяет установить оптимальную этапность освоения и развития территорий, преодолеть территориальные разрывы внутри улусов (их объединений), четче раскрыть их специализацию, наметить точки роста, как самих улусов (их объединений), так и производственных и социальных комплексов внутри них.

Оценка экономической эффективности внедрения инновационных технологий как элемент развития¹

Петухова А.С.

ИМИ ЯГУ, Якутск

В настоящее время, когда быстро развивающиеся инновационные технологии дают конкурентное преимущество на рынке, многие компании решаются на их внедрение. Но не представляется возможным

¹Поддержано грантом ИМИ ЯГУ для студентов и магистрантов за 2009 г., проект № 5

принятие стратегического решения по дальнейшему финансированию внедрения инновационной технологии без оценки экономической эффективности.

Для оценки эффективности внедрения инновационных технологий используется понятие метрика. Метрика - это характеристика системы, организации или процесса, которая может быть выражена в цифрах. Двумя основными категориями метрики ИТ являются финансовая и операционная метрики.

Финансовая метрика основана на издержках, прибыли и является традиционным подходом для оценки экономической эффективности. Операционная метрика учитывает эффективность основных функций организации. Например, в производственной сфере финансовые показатели обычно представляют собой размер издержек различных категорий, а операционная метрика включает в себя число партий продукции (гибкость), показатели брака и переработки. Чтобы ощутить ритм организации, руководители контролируют как финансовые, так и операционные критерии оценки.

Метод системы сбалансированных показателей (BSC) предложенный Робертом Капланом, работает с обеими метриками, но классическое его использование состоит в оценке работы организации в целом. На практике же оказалось, что он может быть успешно использован для оценки экономической эффективности внедрения инновационной технологии.

Система сбалансированных показателей позволяет высшему руководству рассматривать внедрение с четырех важнейших точек зрения:

- с точки зрения потребителя;
- с точки зрения компании;
- с точки зрения инноваций и обучения;
- с финансовой точки зрения.

Точка зрения потребителя. Поддержание хороших взаимоотношений с потребителями является важным фактором для выживания компании. Интересы клиентов обычно оцениваются по четырем направлениям: время, качество, исполнение и обслуживание, издержки.

Внутренняя точка зрения. Рассматриваются показатели, отражающие внутренние операции, выражаются временем исполнения заявки, качеством, то есть в большей степени влияют на оценку потребителем уровня обслуживания.

Точка зрения инноваций и обучения. Оценивая эффективность внедрения инновации, необходимо не забывать о повышении квалификации персонала, его удовлетворенности, а также развития новшества.

Финансовая точка зрения. Так как финансовая эффективность является ключевым фактором, определяющим ценность внедрения, выс-

шее руководство должно постоянно заботиться о конечном результате.

С помощью метода сбалансированных показателей можно оценить не только деятельность компании в целом, но и рассчитать эффективность внедрения инновационной технологии. Эта оценка является полезным инструментом при управлении компании, так как позволяет увидеть не только эффект от внедрения, но и дает возможность определить пути совершенствования, то есть являются важным элементом развития.

Моделирование развития ипотеки в РС(Я)

Посельская М.А.

ИМИ ЯГУ, Якутск

В условиях финансового кризиса особенно актуально исследование механизмов и прогнозирование развития ипотечного кредитования. Для создания эконометрической модели ипотечного кредитования отберем следующие показатели: объем ипотечных сделок в РС(Я) (млн.руб.)(y), а факторными - среднемесячная номинальная заработная плата, руб. (x_1), площадь жилищ, приходящаяся в среднем на одного человека (кв.м) (x_2), стоимость 1 кв.м. жилья на первичном рынке в г.Якутске (x_3), стоимость 1 кв.м.жилья на вторичном рынке в г.Якутске (x_4), ставка рефинансирования ЦБРФ (x_5). Нами построена многофакторная эконометрическая модель зависимости объема ипотечных сделок от факторных признаков.

На основании данных о значении параметров уравнения регрессии составим уравнение множественной регрессии:

$$Y_{X_1 X_2} = 4,261 - 0,231x_1 + 0,047x_2$$

$a_1 = -0,230$ - показывает, что при уменьшении среднемесячной заработной платы на 1 % развитие ипотечного кредитования уменьшается на 0,230 % .

$a_2 = 0,047$ - показывает, что при увеличении ставка рефинансирования ЦБРФ на 1 % развитие ипотечного кредитования на 0,047 кв. м/чел. Параметр уравнения $a_0 = 4,261$. Параметры уравнения найдены с помощью ППП "Statistica".

Рассчитаем β - коэффициент по следующей формуле: $\beta_i = a_i \cdot \sigma_{xi} / \sigma_y$, где a_i - коэффициент чистой регрессии по i - фактору; σ_{xi} и σ_y - среднеквадратическое отклонение соответственно по i - фактору и результативному признаку. Таким образом подставляя исходные значения в расчетные формулы определим среднеквадратические отклонения: $\sigma_y = 5,66$; $\sigma_1 = 4,95$; $\sigma_2 = 82,69$.

Следовательно β -коэффициенты составят: $\beta_1 = -0,2$; $\beta_2 = 0,69$. β -коэффициенты показывают, что если величина фактора изменяется на его среднеквадратическое отклонение, результирующий признак изменится соответственно на β -коэффициент своего квадратического отклонения при постоянстве остальных факторов. Это говорит о том, что если коэффициент среднемесячной заработной платы изменится на 4,95, то коэффициент перспективы развития рынка изменится на $(-0,2 \cdot 5,66) = -1,13$. При изменении коэффициента ставки рефинансирования ЦБРФ на 82,69, изменяется и объем финансирования ипотечных кредитов банковской системой в РС(Я) на 3,9 кв. м/чел. $(0,69 \cdot 5,66)$. Анализируя полученные данные видим, что при увеличении коэффициента среднемесячной заработной платы на 1% обеспеченность жильем населения возрастет на 0,09 кв. м/чел, а с ростом ставки рефинансирования на 0,75.

Для характеристики адекватности корреляционно-регрессионной модели был рассчитан F -критерий Фишера $30,596 > 0$, следовательно, модель считается адекватной, т.е. расчеты, выполненные с наименьшей погрешностью и предсказанное значение объема рефинансирования ипотечных кредитов банковской системой в РС(Я) соответствует фактическому.

Анализ дифференциации заработной платы по видам экономической деятельности и регионам Республики Саха (Якутия)

Слепцова Д.Е.

ФЭИ ЯГУ, Якутск

Тема заработной платы в наши дни остается актуальной для всех работающих. Для нынешней ситуации в области оплаты труда характерна возросшая дифференциация в уровне заработной платы между отраслями и регионами. С одной стороны, различия в заработной плате выполняют важную стимулирующую роль на рынке труда, с другой — излишнее неравенство может привести к негативным последствиям как на микро-, так и на макроуровне. К числу важнейших в настоящее время относится также проблема устранения чрезмерной дифференциации в оплате труда руководителей предприятий и остальных работников, являющейся одной из причин сложившейся напряженности в социально-трудовой сфере.

Решить некоторые из указанных проблем можно с помощью правильной оплаты труда, основанной на соразмерном эффективном возмещении затрат работника в процессе трудовой деятельности. Она об-

ретают особую значимость на современном этапе в связи с изменениями условий хозяйствования, увеличением объема прав и полномочий хозяйствующих субъектов, когда возникает дополнительная необходимость разработки и внедрения на каждом предприятии системы оплаты труда, направленной на максимальное использование трудового потенциала работников, точную и полную оценку количества и качества труда.

В данной работе проведен анализ дифференциации заработной платы по регионам и видам экономической деятельности Республики Саха (Якутия), рассмотрена динамика изменения в дифференциации заработной платы РС(Я) на основе данных Госкомстата.

В работе использованы данные по заработной плате населения Республики Саха (Якутия) по регионам и видам экономической деятельности за 2005, 2006, 2007 год.

Метод оценки эффективности миграционных вложений в человеческий капитал на микроуровне

Трубина А.В.

ИРЭС, Якутск

Миграция способствует росту образовательного уровня, изменению профессиональных и квалификационных показателей, смене сферы приложения труда, а, следовательно, увеличивает “объем” человеческого капитала для индивида, семьи, формирует и увеличивает человеческий капитал региона в целом. Проведение исследования, позволяющего определить выгодность миграции и оценить ее экономические последствия в зависимости от направления, сферы занятости, характера труда, а также социально-демографических характеристик мигрантов позволяет заполнить значительный пробел в понимании миграционных процессов в регионе.

Сообразно с этим, нами предложен комплексный подход определения эффективности миграционных вложений в человеческий капитал на микроуровне, сочетающий метод фокусированного интервью и метод дисконтирования для оценки отдачи миграционных инвестиций на микроуровне.

Метод фокусированного интервью позволяет получить данные для проведения оценки эффективности миграционных вложений в человеческий капитал на микроуровне. Метод дисконтирования используется нами для проведения самой оценки.

Разработанная нами методика оценки экономического эффекта от индивидуальных миграционных инвестиций основана на положениях

чистой приведенной стоимости, применяемой для оценки инвестиций образования [1; С.275].

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t},$$

где NPV – чистая приведенная стоимость, B_t – доход от инвестиций в момент времени t , C_t – издержки в момент времени t , n – число периодов времени, i – коэффициент дисконтирования.

Согласно данному подходу, дисконтирование приводит будущие доходы к настоящему моменту времени, а для оценки миграционных инвестиций, мы используем его для приведения настоящих доходов к прошлым затратам. Поэтому в нашем случае коэффициент дисконтирования (i) учитывает темпы инфляции, реальную норму прибыли (норма отдачи) и коэффициент, учитывающий степень риска.

Таким образом, предложенная методика позволила нам учесть все затраты и доходы, связанные с миграцией, и привести их к одному моменту времени для того, чтобы оценить эффективность миграционных вложений в человеческий капитал на микроуровне.

Оценка эффективности миграционных вложений на разных уровнях достаточно актуальна, на микроуровне данный анализ служит для выявления причин миграции, соответствия ожидаемых и фактических результатов от нее, а также для определения целесообразности миграционных перемещений из села в город.

На макроуровне она позволит прогнозировать миграционные потоки, связи и последствия от миграции, а также может быть полезна для разработки направлений миграционной и социально-экономической политики региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Добрынин А.И., Дятлов С.А., Цыренова Е.Д.* Человеческий капитал в транзитивной экономике: формирование, оценка, эффективность использования. – СПб.: Наука, 1999.

Исследование потребительского спроса в условиях Севера

Турантаев Г.Г.

ИМИ ЯГУ, Якутск

В современном мире, где промышленный сектор предлагает потенциальным покупателям всевозможные товары, потребитель решает ка-

кой ему товар приобрести. С развитием и увеличением масштабов экономического сектора, к ускоренному развитию компьютерных методов поддержки бизнеса препятствует отсутствие автоматизированных систем изучения спроса. Особенно это значимо в условиях Северных территорий, которые достаточно удалены от центров развития ИТ. В этом случае, особую роль приобретают комплексные автоматизированные системы учета и анализа потребительского спроса, позволяющие изучать и корректировать спрос в условиях Севера. Поэтому такую систему, вероятно, следует снабдить блоком рекламы.

Для целостного развития бизнеса на Севере покупателям необходима информация, которая наиболее эффективно предоставляется информационными технологиями. Особенно актуально это наблюдается на Северных территориях, которые характеризуются отдаленностью и низким уровнем информатизации.

Еще одним важным компонентом такой системы является подсистема изучение потребительского спроса. Существенным компонентом такой системы является изучение потребительских предпочтений. С этой целью проводятся маркетинговые исследования, при помощи которых фирмы могут осуществлять отслеживание изменений покупательского спроса. Результатом маркетингового исследования являются разработки, которые используются при выборе и реализации стратегии и тактики маркетинга. Все это может быть реализовано в форме единой ИС.

Одним из вариантов среды реализации программного продукта является Microsoft .Net. Концепция Microsoft .Net – это целостный взгляд на развитие информационных систем и web-технологий [1].

В условиях нашей республики, где маркетинговые исследования только начинают развиваться [2], разработка приложений для маркетинговых исследований является важным фактором для развития экономики. В данной работе для этой цели рассматривается концепция создания приложения в соответствии с технологией Microsoft .Net, которая упрощает процесс исследования, облегчает процедуру сбора информации, автоматизирует вывод данных, экономит время и деньги.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дэвид С. Платт. Знакомство с Microsoft .NET. – М: “Русская Редакция”, 2001. 244 с.
2. Барышев А.Ф. Маркетинг. – М.: АСАДЕМА, 2002.

Секция 2. Математическое моделирование и инновационные технологии в недропользовании

A mechanism of climate variability driven by the mid-latitude ocean circulation

Berloff P.

Imperial College London

Intrinsic low-frequency variability is studied in the idealized, quasigeostrophic, midlatitude, wind-driven ocean gyres operating at large Reynolds number. A robust decadal variability mode driven by the transient mesoscale eddies is found and analyzed.

The variability is a turbulent phenomenon, which is driven by the competition between the eddy rectification process and the potential-vorticity anomalies induced by changes of the inter-gyre transport.

Численное решение двумерной задачи вытеснения нефти водой

Алексеев В.Д.

ИМИ ЯГУ, Якутск

Данная работа посвящена разработке численного решения двумерной задачи вытеснения нефти водой. Эта задача тесно связана с проблемой оптимизации нефтедобычи.

Проблема математического моделирования нефтедобычи представляется весьма трудоемкой, но очевиден существенный экономический эффект моделирования, если с его помощью удастся увеличить добычу нефти на месторождении хотя бы на несколько процентов. Процесс ее решения связан с проведением большого числа серийных расчетов для мониторинга месторождения, каждый из которых достаточно сложен и требует значительной оперативной памяти ЭВМ. Для реализации подобных моделей удобно использовать многопроцессорные вычислительные системы с распределенной памятью. Поэтому выбор алгоритмов моделирования процесса нефтедобычи определяется возможностью их эффективного распараллеливания.

Для описания течений выбрана двумерная модель Баклея-Левретта – модель непоршневого вытеснения нефти водой [1]. Соответствующая система дифференциальных уравнений описывает процесс конвективного обводнения нефтеносного пласта. Исследовалась двумерная фильтрация двухфазной жидкости, состоящей из нефти и воды, сквозь пористую среду.

Поставленная задача разработана на языке программирования C++. В данной программе используется программный инструментарий MPI для распараллеливания [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Васильев В.И., Попов В.В., Тимофеева Т.С.* Вычислительные методы в разработке месторождений нефти и газа. – Новосибирск.: СО РАН, 2000. 126с.
2. *Евсеев И.* MPI для начинающих. 1998.

Численное решение задачи о противоточной капиллярной пропитки пористой среды в неизотермических условиях

Алексеева А.Г.

ИМИ ЯГУ, Якутск

Пусть пористая среда, насыщенная нефтью и водой (начальная водонасыщенность s_0) и заполняющая полупространство $x > 0$, в момент времени $t = 0$ во входном сечении ($x = 0$) приводится в соприкосновении с водным раствором активной примеси, температура которого отлична от пластовой.

Возникающее нарушение капиллярного равновесия приводит к движению воды в внутрь пористой среды, противонаправленному вытеснению нефти и сопутствующему переносу активной примеси и тепла [1]. В одномерном варианте уравнения движения имеют вид:

$$ms_t + u_{1,x} = 0, \quad u_1 = -u_2 = u, \quad (1)$$

$$(mcs + a)_t + (u_1c)_x = (Dc_x)_x, \quad a = a(c, s), \quad (2)$$

$$(T(s + b))_t + H(Tu_1)_x = (\chi T_x)_x, \quad (3)$$

$$u_i = -(k/\mu_i)f_i p_i \quad (4)$$

$$p_2 - p_1 = P_c, \quad b = [mC_2 + (1 - mC_3)]/m(C_1 - C_2), \quad (5)$$

$$H = C_p/m(C_1 - C_2), \quad \chi = \lambda/m(C_1 - C_2),$$

$$C_p = (1 - m)C_3 + m[C_1s + C_2(1 - s)],$$

где m и k – пористость и проницаемость среды, s – водонасыщенность, u_i – скорости фильтрации фаз, μ_i – вязкости фаз, p_i – давление фаз, c – концентрация примеси, T – температура, a – количество сорбированной в единице объема среды примеси, D – коэффициент диффузии примеси, χ – температуропроводность, C_1, C_2, C_3 – объемные теплоемкости воды, нефти и скелета пористой среды соответственно, C_p – теплоемкость единицы объема насыщенной среды. Индекс 1 относится к воде, индекс 2 – к нефти.

Из соотношений (1), (4) и (5) имеем

$$u_1 = \frac{k f_1 f_2}{\mu_2 f_1 + \mu_1 f_2} \cdot \frac{\partial P_c}{\partial x}, \quad (6)$$

$$\frac{\partial s}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{k f_1 f_2}{\mu_2 f_1 + \mu_1 f_2} \cdot \frac{\partial P_c}{\partial x} \right) = 0. \quad (7)$$

Уравнения (7), (2), и (3) с учетом данных зависимостей образуют основную систему уравнений исследуемого процесса:

$$\frac{\partial s}{\partial t} + \frac{1}{m} \frac{\partial (FA)}{\partial x} = 0,$$

$$\frac{\partial}{\partial t} [m s c + a] + \frac{\partial}{\partial x} [F A c] = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}, \quad (8)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} [T(s + b)] + H \frac{\partial}{\partial x} [T(FA)] = \chi \frac{\partial^2 T}{\partial x^2},$$

где $A = \frac{\partial P_c}{\partial x}$, $P_c = \frac{\Pi}{(s - 0.2)^2} \Rightarrow A = \frac{-2\Pi}{(s - 0.2)^3}$, $F = -\frac{f_2 f_1}{m(\mu \cdot f_1 + f_2)}$,

Π – характерное значение капиллярного давления.

Имеем начальные и граничные условия вида

$$s(x, 0) = s_0, \quad c(x, 0) = 0, \quad T(x, 0) = 0,$$

$$s(0, t) = s^0, \quad c(0, t) = c^0, \quad T(0, t) = T^0.$$

В расчете использовали модельные зависимости $F(s, c, t)$ и $P(s, c, t)$, причем фазовые проницаемости и капиллярное давление брали в виде

$$f_1 = \frac{(s - 0.2)^3}{0.8^3}, \quad f_2 = \left(\frac{0.8 - s}{0.6} \right)^3, \quad a(c) = \Gamma c,$$

$$\mu = \frac{\mu_2}{\mu_1}, \quad \mu_1 = const, \quad \mu_2 = 3 \cdot e^{-0.05T}.$$

Для проведения численных расчетов использовалась явная схема “уголок”. Численная реализация модели сделана в среде программирования Borland Pascal. В результате была получена картина распределений водонасыщенности, концентрации и температуры для разных моментов времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Васильев В. В., Попов В.В., Тимофеева Т.С.*, Вычислительные методы в разработке месторождений нефти и газа. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2000.

Математическая модель влагообмена в ненасыщенных пористых средах

Аржакова С.В.

ИМИ ЯГУ, Якутск

Одна из основных задач термомеханики мерзлых грунтов состоит в изучении механизма влагопереноса в промерзающих и протаивающих грунтах [1, 2].

В основе данной модели лежат законы сохранения энергии и массы поровой влаги, дополненные гипотезой миграции влаги под действием градиента влажности. Задача сводится к совместному решению уравнения диффузии влаги и уравнения теплопроводности с источником (стоком) тепла и коэффициентами, зависящими от влажности.

В данной работе считается, что скелет пористой среды несжимаем, вода сжимается слабо, а воздух является совершенным газом, состоящим из воздуха и паров воды. Начальное состояние определяется заданной водонасыщенностью, при условии однородного распределения. Влагообмен вызывается изменением температуры окружающего воздуха. При повышении температуры внешней среды происходит испарение воды и фильтрация паров наружу.

Система уравнений модели включает следующие уравнения:

а) уравнение теплообмена:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \lambda \frac{\partial T}{\partial x} + (c\rho_w \nu_w + c\rho_g \nu_g) \frac{\partial T}{\partial x} + (\rho_w h_w + c\rho_w T) \frac{\partial \nu_w}{\partial x} + (\rho_g h_g + c\rho_g T) \frac{\partial \nu_g}{\partial x} - m \frac{\partial}{\partial x} (\rho_w h_w \beta_w + \rho_g h_g \beta_g), \quad (1)$$

б) уравнение переноса влаги:

$$m \frac{\partial}{\partial t} (\rho_w \beta_w + \rho_g \beta_g) = \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{k_w \rho_w}{\mu_w} \frac{\partial P_w}{\partial x} + \frac{k_g \rho_g}{\mu_g} \frac{\partial P_{nu}}{\partial x} \right], \quad (2)$$

в) уравнение переноса воздуха:

$$m \frac{\partial}{\partial t} (\rho_a \beta_g) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{k_a \rho_a}{\mu_a} \frac{\partial P_a}{\partial x} \right). \quad (3)$$

Алгоритм численного решения заключается в организации на каждом временном шаге итерационного процесса, состоящего из последовательного решения системы уравнений.

Численные расчеты одномерной задачи проводились для случаев нагревания и охлаждения пористого массива при значениях параметров среды соответствующих малой начальной влажности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев В.И., Максимов А.М., Петров Е.Е., Цыпкин Г.Г. Теплоперенос в промерзающих и протаивающих грунтах. – М.: Наука, 1996.
2. Мордовской С.Д., Петров Е.Е., Изаксон В.Ю. Математическое моделирование зоны при промерзании – протаивании многолетнемерзлых пород. – Новосибирск: Наука, 1997.

Численное моделирование течения за обратным уступом с помощью трехмерной схемы Кабаре

Асфандияров Д.Г., Кондаков В.Г., Скрыбыкина С.И.

ИБРАЭ РАН, Москва

В связи с развитием вычислительной техники перспективным подходом к численному исследованию турбулентных течений становится метод прямого численного моделирования, основанный на решении

уравнений Эйлера или Навье-Стокса без использования полуэмпирических моделей турбулентности. На примере задачи о течении вязкого сжимаемого газа в канале с внезапным расширением демонстрируется возможность прямого численного моделирования турбулентного потока. Цель данной работы показать состоятельность трехмерной схемы Кабаре как инструмента для исследования турбулентных течений.

В качестве проверки численной модели был произведен расчет с числом Рейнольдса $Re=5000$. Длина присоединения на осредненном поле скоростей получилась порядка 6-ти размерам высоты ступеньки (см. рис.1.), что соответствует данным эксперимента [1]. Спектральные характеристики течения соответствуют турбулентному режиму.

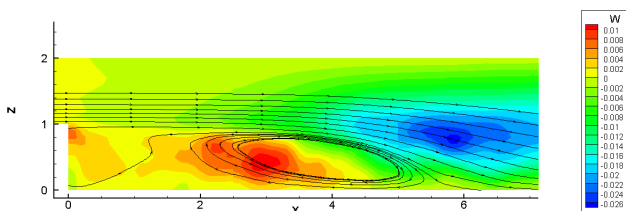


Рис. 1: Вычисление длины присоединения потока в осредненном по времени поле скоростей

ЛИТЕРАТУРА

1. Armaly B.F., Durst F., Pereira J.C.F., Schonung B. //J.Fluid Mech.1983. 127.P.473

Прогноз температурного режима зданий с учетом продольной фильтрации воздуха

Афанасьева А.А., Пермяков П.П.

ИМИ ЯГУ, ИФТПС СО РАН, Якутск

В настоящее время строительство жилых зданий ведется с расположением слоя теплоизоляции у наружной поверхности конструкции, так как при таком расположении хорошо погашается суточное колебание температуры наружного воздуха. Вместе с тем, такое расположение пористой теплоизоляции предполагает решение ряда проблем, которые отсутствовали при применении традиционных конструкций, но являются актуальными для современного градостроительства в условиях

многолетней мерзлоты. К таким проблемам относится фильтрация наружного воздуха в теплоизоляционном слое и ее влияние на теплозащитные свойства конструкций.

В связи с этим, целью данной работы является разработка алгоритма численного решения температурного режима здания с учетом неоднородности наружных стен.

Перенос теплоты через конструкцию при учете продольной фильтрации воздуха сводится к одномерной задаче с учетом неоднородности наружных стен. Поэтому он может рассчитываться численными методами. Решается уравнение теплопроводности, учитывающее перенос теплоты фильтрацией воздуха [1, 2]. На стыке материалов должно выполняться два условия. Первое – в месте стыка температуры обеих материалов должны быть равны. Второе – по обе стороны от стыка плотности потоков теплоты должны совпадать по направлению и равняться по модулю.

Проведен численный эксперимент при двух вариантах исходных данных [3].

Рассчитано распределение температуры по сечению трехслойной ограждающей конструкции при двух вариантах исходных данных. Получены следующие результаты:

- Температура внутри здания постоянна и равна $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Наружная температура в июле равна около $15\text{ }^{\circ}\text{C}$; в декабре около $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Теплофизические характеристики теплоизоляционных материалов сильно не влияют на распределение температуры. Рассчитано распределение температуры по толще стены при фильтрации воздуха. Получены следующие результаты:
- Продольная фильтрация воздуха сильно влияет на температурное поле.

Разработан алгоритм для численного решения температурного режима многослойной ограждающей конструкции и написана программа. Приведены результаты численного эксперимента при различных исходных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Мехнецов И.А. Продольная фильтрация воздуха в современных ограждающих конструкциях. Метод оценки теплозащиты стены с учетом продольной фильтрации воздуха.
2. Хуторной А.Н., Цветков Н.А., Кузин А.Я. Теплозащитные свойства неоднородных наружных стен зданий. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2006. 286 с.

3. Корнилов Т.А., Амбросьев В.В., Михайлов И.Ф. Эффективные виды ограждающих конструкций для многоэтажных зданий с железобетонным каркасом в условиях Севера // Материалы I Всероссийской научно-практической конференции. – Якутск: ЯГУ, 2008. С. 165-174.

Численное исследование процесса теплового взаимодействия сооружений с вечномерзлыми грунтами

Афанасьева И.А.

ИМИ ЯГУ, Якутск

Целью работы является численное исследование процесса теплового взаимодействия сооружений с вечномерзлыми грунтами.

Пусть даны два здания, построенных рядом. Предположим, что здания достаточно длинные и расположены параллельно друг к другу. Температурное поле грунта под их основаниями описывается двумерным уравнением теплопроводности, учитывающим фазовые переходы поровой влаги:

$$\tilde{C}_\rho \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right), \quad (x, z, t) \in \Omega_T,$$

где $\tilde{C}_\rho = C_\rho + L_\rho m \delta(T - T_*)$, C_ρ – объемная теплоемкость, λ – объемная теплопроводность, L_ρ – скрытая теплота фазового перехода.

$$C_\rho = \begin{cases} (1 - m)C_{\rho\text{СК}} + mC_{\rho\text{В}}, & T > T_*, \\ (1 - m)C_{\rho\text{СК}} + mC_{\rho\text{Л}}, & T < T_*, \end{cases}$$

$$\lambda = \begin{cases} (1 - m)\lambda_{\text{СК}} + m\lambda_{\text{В}}, & T > T_*, \\ (1 - m)\lambda_{\text{СК}} + m\lambda_{\text{Л}}, & T < T_*, \end{cases}$$

$$\delta(T - T_*) = \begin{cases} \frac{1}{2\Delta}, & |T - T_*| < \Delta, \\ 0, & |T - T_*| \geq \Delta. \end{cases}$$

Задаются граничные и начальные условия [1, с.186-187].

Исследование проводится следующим образом:

- строится разностная модель с неявной разностной схемой;
- строится вычислительный алгоритм для разработанной разностной схемы;
- разрабатывается программа на С;
- обрабатываются выходные данные в виде графиков;
- проводится анализ полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Васильев В.И., Максимов А.Н., Петров Е.Е., Цыпкин Г.Г.* Тепломассоперенос в промерзающих и протаивающих грунтах. – М.: Наука, 1996. 224 с.

Численное моделирование трехфазного течения в пористой среде

Афанасьева Н.М.

ИМИ ЯГУ, Якутск

В работе рассматривается изотермическая фильтрация воды, нефти и газа в пористой среде. Математическая модель выводится из уравнений неразрывности для каждой фазы и обобщенного закона Дарси, без учета капиллярности, диффузии, гравитационных сил, считая, что вода и нефть несжимаемы, а газ идеальный, т.е. плотность газа $\rho = p/RT$ и имеет следующий вид:

$$m \frac{\partial s_1}{\partial t} = \operatorname{div} \left(k \frac{f_1}{\mu_1} \nabla p \right), \quad (1)$$

$$m \frac{\partial s_2}{\partial t} = \operatorname{div} \left(k \frac{f_2}{\mu_2} \nabla p \right), \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & m(1 - s_1 - s_2) \frac{\partial p}{\partial t} = \\ & = \operatorname{div} \left(pk \left(\frac{f_1}{\mu_1} + \frac{f_2}{\mu_2} + \frac{f_3}{\mu_3} \right) \nabla p \right) - k \left(\frac{f_1}{\mu_1} + \frac{f_2}{\mu_2} \right) (\nabla p)^2, \end{aligned} \quad (3)$$

$$s_1 + s_2 + s_3 = 1, \quad (4)$$

начальные и граничные условия:

$$\begin{aligned} s_1(x, 0) &= s_{10}, \quad s_2(x, 0) = s_{20}, \quad x \in \overline{\Omega}, \\ s_1(x, t) &= s_{10}, \quad s_2(x, t) = s_{20}, \quad x \in \partial\Omega, \quad t > 0, \\ s_1(x, t) &= \overline{s}_1, \quad s_2(x, t) = \overline{s}_2, \quad t > 0, \\ p(x, 0) &= p_0, \quad x \in \overline{\Omega}, \quad p(x, t) = p_0, \quad x \in \partial\Omega, \quad t > 0. \end{aligned}$$

Здесь m – пористость, s_1, s_2, s_3 – насыщенности порового пространства заняты водой, нефтью и газом соответственно, f_i – относительные

фазовые проницаемости, от насыщенностей s_i и μ_i – коэффициенты динамической вязкости, $i = 1, 2, 3$, p – давление в пласте.

Численная реализация проводится для двумерного случая. Из уравнений (1) и (2) по явным формулам определяются поле водонасыщенности и нефтенасыщенности, из уравнения (3) определяется распределение давления, используя метод итераций и метод сопряженных градиентов с предобуславливателем Якоби [1], затем по соотношению (4) находится распределение газонасыщенности. Найденные распределения представляются в виде графиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самарский А.А., Николаев Е.С. Методы решения сеточных уравнений. –М.: Наука, 1978. 592 с.

Восстановление фрикционного тепловыделения в радиальных подшипниках скольжения по температурным данным

Васильева М.А.

ИПНГ СО РАН, Якутск

Одним из основных триботехнических параметров узлов трения является мощность трения, характеризующая затраты механической энергии на трение. Устройства непосредственного замера мощности трения не могут быть размещены в компактные реальные узла трения. В связи с этим наиболее выгодным является восстановление функции фрикционного тепловыделения по температурным данным, регистрация которых легко осуществляется при любых стендовых или эксплуатационных испытаниях техники. Суть такого метода тепловой диагностики трения подробно изложена в [1].

В данной работе предлагается развитие метода тепловой диагностики трения путем снятия ограничивающих условий. Разработан алгоритм решения граничной обратной задачи по восстановлению функции фрикционного тепловыделения, зависящий от угловой координаты и времени, по температурным данным методом итерационной регуляризации на основе градиентных методов минимизации функционала невязки. В качестве функционала невязки выбрано среднеквадратическое отклонение расчетных и экспериментальных температур в одной точке втулке. Решением тестовых задач показана устойчивость решения обратной задачи к погрешностям в температурных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Старостин Н.П., Тихонов А.Г., Мороз В.А., Кондаков А.С. Расчет триботехнических параметров в опорах скольжения. – Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1999. 276 с.

Параллельная реализация 3D модели черной нефти

Васильева М.В.

ИМИ ЯГУ, Якутск

В связи со строительством ВСТО начнется широкомасштабная разработка месторождений углеводородного сырья Восточной Сибири, в том числе и Якутии. Для освоения месторождений нефти и газа необходимо иметь системы для мониторинга и прогноза. Существующие в мире программные продукты гидродинамического моделирования (ECLIPSE, IMEX, ...) стоят очень дорого и их могут позволить себе только компании, разрабатывающие крупные месторождения.

Основной моделью нефтяного месторождения является модель черной нефти (Black oil model) [1], которую возьмем за основу для построения солвера.

$$\left\{ \begin{array}{l} \operatorname{div} \left(\frac{k_o}{\mu_o B_o} (\nabla p_o - \rho_o g \nabla z) \right) = \frac{\partial}{\partial t} \left(m \frac{s_o}{B_o} \right) + Q_o, \\ \operatorname{div} \left(\frac{k_g}{\mu_g B_g} (\nabla p_g - \rho_g g \nabla z) + R \frac{k_o}{\mu_o B_o} (\nabla p_o - \rho_o g \nabla z) \right) = \\ = \frac{\partial}{\partial t} \left(m \left(\frac{s_g}{B_g} + R \frac{s_o}{B_o} \right) \right) + Q_{fg} + R Q_o, \\ \operatorname{div} \left(\frac{k_w}{\mu_w B_w} (\nabla p_w - \rho_w g \nabla z) \right) = \frac{\partial}{\partial t} \left(m \frac{s_w}{B_w} \right) + Q_w, \\ p_o - p_w = p_{ow}, \\ p_g - p_o = p_{go}, \\ s_g + s_o + s_w = 1. \end{array} \right.$$

Данная модель описывает трехфазное течение газированной нефти, воды и газа с учетом капиллярных сил. Для численного решения задачи применяется метод IMPES [2]. Поскольку для реализации задачи требуются большие вычислительные ресурсы, используются параллельные вычислительные технологии для многопроцессорных систем с распределенной памятью [3].

Солвер реализован с использованием языка С и интерфейса передачи данных MPI [4]. Вычисления производятся на кластерах ЯГУ. В качестве постпроцессинга применяется свободно распространяемая программа визуализации научных данных Paraview [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Aziz K. and Settari A.* Petroleum Reservoir Simulation.
2. *Каневская Р.Д.* Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов.
3. *Воеводин В.В., Воеводин Вл.В.* Параллельные вычисления.
4. www.open-mpi.org
5. www.paraview.org

Использование красно-черного упорядочивания для распараллеливания метода верхней релаксации

Внуков Е.В.

ИМИ ЯГУ, Якутск

В данной работе используется метод красно-черного упорядочивания [1] при построении параллельного алгоритма для численного решения эллиптического уравнения Пуассона. Построенный алгоритм позволяет распараллеливать метод верхней релаксации, применяемый в численном решении рассматриваемой задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дж. Ортега.* Ведение в параллельные и векторные методы решения линейных систем // 1991. С. 186-196.

Методы численного расчета и оптимального проектирования слоисто-неоднородных конструкций при волновых воздействиях

Гусев Е.Л., Ярилова Е.В.

ИПНГ СО РАН, Якутск

В последние десятилетия при проектировании сложных технических систем, объектов нефтяной и газовой промышленности, трубопроводных систем, значительно возрастает роль композиционных материалов, композиционных покрытий. При этом широкий комплекс

свойств сложных технических систем, интересующих проектировщика, допускает регулирование в значительных пределах на основе выбора физико-механической и геометрической структуры слоисто-неоднородных композиций, входящих в их состав.

Для таких ответственных технических систем, как трубопроводные системы, в связи с большой протяжённостью трубопроводов различного назначения, многообразием климатических и геофизических условий эксплуатации, одним из перспективных направлений повышения надежности труб и трубопроводов является изготовление их из полимерных и композиционных материалов. При этом конструкция стенки трубы проектируется согласно полю действующих нагрузок и, как правило, является многослойной.

При этом, физико-механическая, геометрическая структура конструкции стенки трубы, а также химический состав ее слоев могут варьироваться в широких пределах, что открывает перспективные возможности, связанные с направленным выбором оптимальной структуры конструкции стенки трубы, обеспечивающей оптимальные показатели функционирования трубопроводной системы с учетом нормативных ограничений на ее параметры. В соответствии с этим важное значение приобретает разработка эффективных методов численного расчета и оптимального синтеза структурно-неоднородных конструкций, композиционных материалов, покрытий с требуемым комплексом свойств при волновых и статических воздействиях.

Изучена вариационная постановка задач оптимального синтеза слоисто-неоднородных структур с требуемым комплексом свойств. В вариационной постановке исследование предельных возможностей сводится к проблеме создания эффективных методов построения глобально-оптимальных решений в специальных задачах оптимального управления комбинаторного типа, связанных с оптимальным синтезом слоисто-неоднородных структур. В качестве критерия оптимизации в исследуемой вариационной постановке задач оптимального синтеза рассматривается мера близости энергетического коэффициента $T(\omega)$ к требуемой зависимости $\tilde{T}(\omega)$ в заданном диапазоне частот $[\omega_{\min}, \omega_{\max}]$. На основе аппарата теории необходимых условий оптимальности, связанных с нелокальными вариациями управляющих параметров, разработана эффективная методика оптимального синтеза структуры композиционных систем, слоисто-неоднородных покрытий с требуемым комплексом свойств, установлены качественные закономерности оптимальных композиций.

Разработанная методика позволяет существенно увеличить эффективность решения проблемы оптимального синтеза слоистых структур

с требуемым комплексом свойств, при волновых и статических воздействиях. Непосредственное же решение проблемы оптимального синтеза сразу для большого множества исходных материалов, представляет чрезвычайно сложную задачу большой размерности, комбинаторного вида, поскольку такие варьируемые при синтезе параметры как физические свойства материалов слоев имеют дискретную область задания.

Моделирование циркуляции Мирового океана и его отдельных акваторий

Дианский Н.А., Гусев А.В.

Институт вычислительной математики РАН, Москва

Представлена модель общей циркуляции океана, разработанная в Институте вычислительной математики Российской академии наук (ИВМ РАН). Модель основана 3-х мерной системе уравнений гидротермодинамики океана в приближении Буссинеска и гидростатики с включением модели термодинамики и переноса морского льда. В качестве вертикальной переменной используется безразмерная переменная $\sigma = z/H$, где H – невозмущенная глубина океана, а z – физическая вертикальная координата по глубине. С одной стороны такая система координат упрощает область расчета (приведение к единичной глубине $0 \leq \sigma \leq 1$), а с другой повышает качество расчетов придонных течений за счет “гладкого” представления особенностей донной топографии. Главная особенность -модели ИВМ РАН состоит в том, что при её численной реализации используется метод расщепления по физическим процессам и пространственным координатам, что, в свою очередь, дает возможность использовать эффективные неявные алгоритмы.

Глобальная версия модели с разрешением $1^\circ \times 0.5^\circ$ и по долготе и широте используется в качестве океанического блока в модели климатической системы Земли, так же созданной в ИВМ РАН. Результаты экспериментов с моделью климатической системы ИВМ РАН по прогнозированию изменений климата вместе с результатами по другим зарубежным моделям МГЭИК использованы в 4-м отчете МГЭИК (2007), получившем широкий общественный резонанс. Показано, что глобальная модель океана ИВМ РАН воспроизводит характеристики циркуляции Мирового океана на уровне лучших зарубежных моделей.

Представлены результаты воспроизведения совместной циркуляции Северный Атлантики (СА) и Северного ледовитого океана (СЛО) с пространственным разрешением 0.25° и 27 уровнями по глубине с улучшенным вертикальным решением в верхних слоях океана. Для устра-

нения источника неустойчивости и генерации шумов, связанных с эффектом схождения меридианов у Северного полюса, осуществлен поворот модельной сферической системы координат так, что полюса новой системы расположены на географическом Экваторе за пределами расчетной области.

Были выполнены эксперименты по воспроизведению циркуляции океана в исследуемой акватории за период с 1958 по 2006 гг. Для расчета потоков тепла, соли и импульса из атмосферы в модели используются атмосферные данные CORE (Forcing for Common Ocean-ice Reference Experiments) из GFDL, предназначенные для экспериментов с моделями океана, включающими в себя модуль параметризации морского льда.

Анализируется отклик океанической циркуляции на Североатлантическое колебание (САК), делающее большой вклад в изменчивость климата.

Показано, что интенсивность совместной циркуляции СА и СЛО тесно связана с изменчивостью индекса САК: циркуляция усиливается во периоды высокого индекса САК, и, наоборот, замедляется во при его низких значениях.

Продемонстрировано, что на формирование аномалий температуры поверхности океана в переходной зоне между СА и СЛО сильное влияние оказывает интенсивность Норвежского течения.

Влияние температуры окружающего воздуха на тепловой процесс при электродуговой сварке полиэтиленовых труб для газопроводов

Егорова М.П.

ИПНГ СО РАН, Якутск

Согласно нормативным документам сварку полиэтиленовых труб для газопроводов можно проводить при температурах окружающего воздуха (ОВ) от минус 15 °С до плюс 45 °С [1]. Таким образом, актуальной проблемой является разработка методов и средств оперативной сварки полиэтиленовых труб в зимних условиях в регионах с холодным климатом, где температуры окружающего воздуха (ОВ) достигают значений ниже минус 15 °С. При низких температурах ОВ технологические режимы, обеспечивающие такую же динамику температурного поля, что и при допустимых температурах ОВ, определяются на основе математического моделирования теплового процесса сварки. На основе решения задачи Стефана численным моделированием теплового процесса при электродуговой сварке полиэтиленовых

труб для газопроводов исследовано влияние температуры ОВ на динамику температурного поля соединения. Сравнивались распределения температур в муфте и трубе при температурах ОВ 20 (допустимая температура ОВ) и -40 °С (ниже нормативных – низкая). Анализ распределения температур по длине муфты и трубы показывает, что на стадии нагрева длина оплавленной зоны практически не превышает расстояние от первого до последнего витка нагревательной спирали при допустимой и низкой температуре ОВ. Основные различия динамик температурных полей при температурах ОВ 20 и -40 °С происходят на этапе остывания. При температуре ОВ -40 °С происходит гораздо более интенсивное охлаждение, что приводит к формированию мелкокристаллической структуре материала обуславливающей снижение прочности соединения.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 42-103-2003. Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов. – М.: Полимергаз, ФГУП ЦПП, 2004. 86 с.

Расчет температурного поля и концентрации соли в промерзающих грунтах

Еремеев И.С.

ИМИ ЯГУ, Якутск

Одной из задач, связанных с расчетами теплового и механического взаимодействия инженерных сооружений и мерзлых грунтов, является изучение динамики промерзания грунтов. Процесс промерзания грунта не сводится только к распространению фронта фазового перехода, но сопровождается перераспределением поровой влаги и растворенных в ней солей и другими физическими явлениями, ведущими в конечном итоге к деформациям, пучению и растяжениям грунта.

Математическая формулировка задачи, учитывающая возможность образования двухфазной зоны, имеет вид

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a_s \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

в области твердой фазы и

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a_l \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \cap \frac{\partial c}{\partial t} = D_l \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$$

в области жидкой фазы. Уравнение энергии в двухфазной зоне имеет вид

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_m C_m T) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_m \frac{\partial T}{\partial x} \right) - \rho_s q \frac{\partial \nu}{\partial t}.$$

Концентрация примеси определяется в двухфазной зоне из уравнения массового баланса соли

$$\frac{\partial}{\partial t}(\nu c) = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_m \frac{\partial c}{\partial x} \right).$$

Численная задача сводится к расчету температурного поля и концентрации соли в промерзающих грунтах, с учетом образования двухфазной зоны, в которой лед и раствор сосуществуют и находятся в состоянии термодинамического равновесия, так что их температуры одинаковы и равны температуре фазового перехода при местном значении концентрации соли в растворе.

Параллельный алгоритм реализации математической модели вытеснения нефти водой

Захаров П.Е.

ИМИ ЯГУ, Якутск

Так как, аналитические решения задач теории фильтрации удаются лишь в некоторых простейших частных случаях, применяются численные моделирования этих задач. Для высокой точности численного моделирования используются, так называемые, суперкомпьютеры. Для написания реализации моделей в суперкомпьютерах нужно разработать параллельный алгоритм для данных моделей. От параллельных алгоритмов зависит скорость и точность численного моделирования. Поэтому, очень важно оптимально реализовать алгоритмы распараллеливания.

В работе рассматривается модель вытеснение нефти водой из нефтяного месторождения, вскрытых большим количеством скважин. Рассматриваемый математический модель описывает процессы массопереноса в насыщенных пористых средах, и представляют собой начально-краевую задачу для нелинейной системы дифференциальных уравнений, используемых для определения динамики изменения водонасыщенности и давления.

Параллельный алгоритм реализации математической модели вытеснения нефти водой основан на разделении области моделирования на равные части. Количество этих частей совпадает с количеством процессоров в суперкомпьютере, и каждый процессор делает вычисления

на соответствующих частях области. Пространственная сетка – квадратная. Для повышения точности в окрестностях скважин в слагаемых, содержащих вторые производные по пространственным переменным, введены поправочные коэффициенты. Численная реализация получающихся на каждом временном слое систем разностных уравнений для давления проводится с помощью итерационного метода сопряженных градиентов с использованием предобуславливателя Якоби.

Исследование влияния реальных свойств газа при неизотермической фильтрации

Иванов Г.И., Николаев В.Е.

ИМИ ЯГУ, Якутск

В настоящей работе проведен вычислительный эксперимент для исследования влияния параметров математической модели и типа граничных условий на динамику изменения полей давления и температуры при неизотермической фильтрации реального газа, при нагнетании последнего через центральную скважину в пласт, насыщенный таким же газом. Также проведен сравнительный анализ с ранее полученными результатами для совершенного газа. Для описания процесса нагнетания использовалась полная нелинейная система дифференциальных уравнений в частных производных, полученная из законов сохранения массы и энергии, закона Дарси и уравнения состояния. На скважине задаются два режима нагнетания: постоянный массовый расход и постоянное давление; температура нагнетаемого газа считается постоянной. На внешней границе задаются условия непроницаемости пласта для фильтрующегося газа и тепловой изоляции. Сверху происходит теплообмен с постилающей породой по закону Ньютона. Снизу ставится условие симметрии. В начальный момент времени давление и температура считаются постоянными.

Выявлены следующие особенности изменения температуры и давления: при нагнетании с постоянным расходом качественных различий между температурными полями на верхнем и нижнем границах пласта практически нет, а в случае нагнетания с постоянным давлением наблюдается существенные различия температурных полей на верхнем и нижнем границах пласта, при этом давление остается практически неизменной в обоих случаях; изменение расхода нагнетаемого газа приводит к существенному изменению распределения температурного поля, при этом не наблюдается качественное изменение распределения давления; аналогичные результаты видны при изменении давления нагнетаемого газа.

Математическая модель пучения промерзающих – протаивающих грунтов

Матвеева М.В., Пермяков П.П.

ИМИ ЯГУ, ИФТПС СО РАН, Якутск

Одной из основных причин, обуславливающих недопустимые неравномерные перемещения и серьезные повреждения промышленно-гражданских, гидротехнических и других линейных сооружений (автомобильных, железных дорог, нефтегазопроводов и т.д.) является морозное пучение. В существующих моделях морозного пучения либо много трудноопределяемых эмпирических параметров, либо не доведены до окончательного решения, либо не учитывают основных особенностей промерзания – протаивания грунтовых систем, что недостаточно адекватно и полно отражает рассматриваемый процесс.

Вывод формулы для расчета величины пучения основан на предположении, что увеличение объема грунта происходит вследствие увеличения объема порового вещества за счет перехода воды в лед и расширение объема происходит по высоте (по направлению к дневной поверхности грунта) без возможности бокового расширения, как это принимается в задаче о компрессионном уплотнении грунтов.

Построение разностной сетки по пространственной координате означает разбиение всей рассматриваемой толщины грунта па отдельные слои. В результате пучения слои мерзлой области перемещаются в направлении к поверхности грунта и границы между слоями (сеточные линии) займут новое положение. Поэтому в случае возникновения пучения переходим к другой сетке с новыми шагами h_i^* :

$$h_i^* = h_i(1 + \theta - n),$$

где $\theta = \theta(W, T)$ – степень заполнения пор; n – пористость; h_i – шаг i -ой разностной сетки до обновления; W – весовая суммарная влажность; T – температура.

Приведены результаты численного эксперимента по прогнозу динамики деятельного слоя мерзлого грунта и “сезонного расшатывания” магистрального газопровода. В осенне-зимние месяцы (декабрь ÷ март) происходит промерзание деятельного слоя сверху, которой сопровождается миграцией поровой воды. Отрицательные зимние температуры зарождают кристаллы льда в свободной воде влажного грунта. Когда она вся перейдет в лед, под действием сил кристаллизации льда к нему притягивается сначала рыхлосвязанная, а затем какая-то часть пленочной воды. При этом величина пучения происходит за счет увеличения в объеме на 9 % замерзающей поровой влаги. Данный процесс

играет основную роль в процессе формирования морозного пучения. Величина пучения в течение зимы монотонно растет за счет миграции поровой влаги к фронту промерзания. В мае при поступлении снеговой воды наблюдается резкое увеличение объема (набухание) верхних слоев деятельного слоя. В летние месяцы (июнь ÷ август), когда идет интенсивное испарение влаги, за счет высыхания верхних слоев грунта происходит усадка деятельного слоя. Осенние дожди (сентябрь) останавливают процесс осадки от высыхания. В последующие годы весь вышеуказанный процесс циклически повторяется.

Рассмотрены распределения температур и суммарной влажности в двумерной области с глубиной 10 м и шириной $L = 24$ м через 1 год и через 10 лет. На правом нижнем угле на глубине 10 м поступает грунтовая вода с положительной температурой $0,8$ °С (открытая система). Сверху идет обычное циклическое сезонное промерзание и протаивание грунта с учетом атмосферных осадков и испарений. Наличие грунтовой воды имеет отепляющее влияние, а циклическое промерзание – протаивание с поверхности вызывает миграцию грунтовой воды и происходит образование инъекционного льда на глубине $6 \div 9$ м. Данный процесс в геокриологии известен как бугры пучения (булгунняхы – местное якутское название; пинго - эскимосское). Приведена динамика изменения коэффициенты неравномерности пучения грунта при наличии подземных вод. Значение данного коэффициента с каждым годом монотонно растет и максимальное значение через 10 лет равно $25,3$ мм/м. Рост коэффициента негативно влияет напряженно-деформационное состояние инженерных сооружений.

Разработанная расчетная программа используется для оценки неравномерности пучения грунтовых оснований инженерных сооружений.

Применение рангового критерия Вилкоксона в анализе направления прихода космических лучей сверхвысоких энергий

Николашкина М.С.

ИМИ ЯГУ, Якутск

Представлена методика проверки гипотезы зависимости энергии космических лучей сверхвысоких энергий от направления прихода (источника) с применением рангового критерия Вилкоксона. Реализован алгоритм вычисления критических значений с помощью имитационного моделирования методом Монте-Карло.

В работе использованы выборки из данных широких атмосферных ливней космических лучей сверхвысоких энергий, полученных на установке ШАЛ ИКФИА в с. Октемцы.

Математическая модель технологии импульсного электромагнитного мониторинга захоронения рассолов при их возбуждении вертикальным электрическим диполем

Ним Ю.А., Адаров Т.Д., Иванова В.Э.

ГРФ ЯГУ, Якутск

Геоэкологический мониторинг захороненных рассолов, хвостохранилищ ГОКов, техногенных и естественных криопегов представляет одну из актуальных задач в проблеме охраны окружающей среды и природопользования. При этом одним из эффективных методов оценки состояния геологической среды, ее изменчивости является электромагнитный каротаж и скважинная геофизика, среди которых в настоящее время активно развивается технология импульсного зондирования и профилирования, и еще нуждающиеся в теоретическом обеспечении. В этой связи рассмотрим модель импульсной скважинной технологии оценки хорошо электропроводных горизонтально-слоистых пластов при их возбуждении подземным вертикальным электрическим диполем (антенной).

Технологические модели с таким источником, но для других электрофизических параметров рассматривались нами ранее [Ним, 2001; 2007].

Аппроксимируем хорошо электропроводные пласты минерализованных вод известными моделями плоскостей S . За базовую модель горизонтально-слоистой среды примем неэлектропроводную среду, содержащую два электропроводных пласта, обладающих продольной проводимостью S_1 и S_2 , отстоящие друг от друга на расстоянии $d = h + H$, где h , H – расстояние плоскости S_1 , S_2 соответственно, от начала цилиндрической системы координат r , ϕ , z . Вертикальный электрический диполь с моментом $P = Ie^{-i\omega t}l$ расположен в начале координат и направлен по оси z ; I – сила тока в антенне, ω – круговая частота, t – время наблюдения, i – мнимая единица, l – длина диполя. При такой постановке вектор-потенциал A_Z магнитного поля, с помощью которого решается электродинамическая задача вводится уравнением $H_\varphi = \text{rot} A_Z$, а компоненты электромагнитного поля определяются соотношениями

$$H = -\frac{1}{\mu} \frac{\partial A_Z}{\partial r}; E_r = \frac{\partial^2 A_Z}{\partial r \partial z}; E_z = \frac{\partial^2 A_Z}{\partial z^2}, \text{ где } \mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м.}$$

Используя известные краевые условия, метод разделения переменных и спектральный способ определения импульсных функций во временной области получим интегральные выражения для импульсного электромагнитного поля в любой точке пространства. К примеру, в общем виде в наиболее сложной межпластовой области, получим однократный интеграл вида:

$$A_{2z}(t) = \frac{\mu P}{4\pi} \int_0^{\infty} \left\{ e^{-mz} e^{-at} \frac{gh}{g} \frac{1}{b} [(\alpha - a)^2 + b^2]^{1/2} \sin(bt + \gamma) \right\} \times \\ \times J(mr) dm + \frac{\mu P}{4\pi} \int_0^{\infty} e^{mz} e^{-at} \frac{gh}{g} \left[\cos bt - \frac{a}{b} \sin bt \right] + \dot{A}_{2z}(t),$$

$$\dot{A}_{2z}(t) = \frac{\partial}{\partial t} A_{2z}(t) = e^{\varpi z} e^{-at} \frac{gh}{g} \left[\frac{1}{b} (\alpha - a)^2 + b^2 \right]^{1/2} \sin(bt + \gamma) J(mr) dm,$$

где $J(mr)$ - функция Бесселя нулевого порядка, m – переменная разделения, $a = \frac{ms}{\mu s_1 s_2 g}$, $b = a(\lambda g - 1)^{1/2}$, $\lambda = \frac{4s_1 s_2}{s^2}$, $s = s_1 + s_2$, $g = 1 - e^{-2md}$, $\gamma - \arctg \frac{b}{\alpha - a}$, $\alpha = \frac{2m}{\mu s_1 g_h}$, $g_h = 1 - e^{-2mh}$, $s_h = s_2 + s_1 g_h$

Применяя к полученной модели метод зеркальных изображений с учетом соответствующих координат возбудителя, приемника и пластов получим классическую модель технологии профилирования, применяемой при индикации объекта поиска.

Программа оптимизации параметров бестранспортной технологии внутреннего отвалообразования смерзающихся вскрышных пород

Осипова Н.Ф., Панишев С.В.

ИГДС СО РАН, Якутск

Для условий сложноструктурных пластовых месторождений криолитозоны разработана программа оптимизации параметров бестранспортной технологии внутреннего отвалообразования с созданием специальных отвальных емкостей учитывающая фактор вторичного смерзания пород, определяющий производительность экскаватора и возможную длину разрабатываемого блока.

Отличительной особенностью программы является реализация в ней технических решений, учитывающих влияние смерзания взорванных вскрышных пород на параметры отвалообразования при бестранспортной разработке внешней и внутренней вскрыши.

Программа реализована в среде программирования Borland Delphi и структурно состоит из двух частей. В первой части программы осуществляется ввод исходных данных, построение профиля развала взорванной породы и расчет технологической схемы экскавации внешней вскрыши в конечный контур отвала.

Вторая часть программы представляет собой расчет технологической схемы бестранспортной выкладки породного прослоя (междупластья) в контур внутреннего отвала. Целью этого блока программы является определение необходимой глубины отвальной емкости на боковой поверхности внутреннего отвала в зависимости от горнотехнических условий разработки и технических характеристик драглайна.

Алгоритм определения глубины отвальной емкости заключается в последовательном расчете возможных объемов размещения породного прослоя на верхней и боковой поверхностях контура внутреннего отвала. Порядок отсыпки породного прослоя в контур внутреннего отвала предполагает первоначальную выкладку междупластья на верхнюю поверхность отвала и затем, оставшуюся часть породы – на боковую поверхность в сформированные отвальные емкости.

Программа позволяет рассчитать оптимальные параметры бестранспортной технологии разработки вскрышных пород и обосновать длину блока с учетом фактора вторичного смерзания породы, во взаимосвязи с размерами рабочей зоны, техническими характеристиками экскаватора и особенностями выкладки междупластья в конечный контур отвала.

Смерзание взорванной породы учитывается определением оптимальной длины экскаваторного блока исходя из времени смерзания породы и объемов экскаваторных работ. При этом, расчет производительности осуществляется на основе установленной взаимосвязи между временем цикла драглайна и температурой пород в забое.

Применение теории перколяции для оценки ресурса порошковых покрытий и материалов

Парникова А.Е., Попов О.Н., Винокуров Г.Г.*

*ИМИ ЯГУ, *ИФТПС СО РАН, Якутск*

В последнее время большой интерес вызывает теория перколяции, которая изучает образование связанных объектов в неупорядоченных

средах и имеет многочисленные приложения в различных задачах о случайных процессах [1]. Основной задачей теории перколяции является определение порога перколяции, т.е. определение значения плотности среды, при которой происходит образование бесконечного кластера.

Матричное описание структуры порошковых материалов и покрытий, предложенный Каминским В.М. [2] позволяет применить теорию перколяции для определения работоспособности порошковых покрытий. В данной работе рассматривается сечение порошкового покрытия перпендикулярное пути трения, которое аппроксимируется матрицей, клетки которой заполнены идентичными частицами порошка. При описании изменения структуры поверхности материала в процессе износа предполагается, что вероятность удаления граничной частицы обратно пропорционально её статистическому весу, зависящему от глубины залегания частицы. Части модельной матрицы с удаленными частицами рассматриваются как кластеры, возникающие в процессе износа покрытия. Возникновение перколяции интерпретируется как достижение максимального износа до подложки и исчерпывание ресурса покрытия.

Использование порога перколяции в качестве оценки ресурса покрытия более эффективно для мелкодисперсных порошковых материалов. Ограниченность геометрических размеров покрытий и размеры порошковых частиц определяют характерные размеры модельных матриц. Поэтому для оценки ресурса покрытия становится целесообразным расчетно-экспериментальное определение интервала, в пределах которого распределена перколяция.

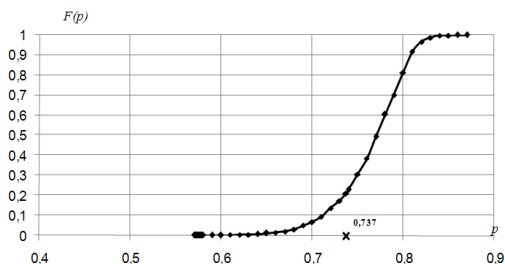


Рис. 1: Функция распределения перколяции, толщина газотермического покрытия 130 мкм, усреднение по 1000 реализациям

В качестве экспериментальных образцов были исследованы поверхности трения электрометаллизационных покрытий из опытных порошковых проволок разработки ООО “Центр трансферта технологий” (г. Якутск). Рассчитанная функция распределения перколяции приведена на рис.1. Крестиком на оси p отмечено значение доли разрушенного материала экспериментального образца, при котором максимальный износ достиг значения толщины покрытия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Тарасевич Ю.Ю.* Перколяция: теория, приложения, алгоритмы. – М.: Едиториал УРСС, 2002. 112 с.
2. *Каминский В.М., Николенко А.Н., Сидоренко И.Я.* Двумерная стохастическая модель уплотнения порошковых материалов. //Порошковая металлургия. 1982. №2. С.29-31.

Применение теории двумерных кластеров для описания ферритно-перлитной структуры стали¹

Петрова Д.Д., Попов О.Н., Винокуров Г.Г.*

*ИМИ ЯГУ, *ИФТПС СО РАН, Якутск*

Разработка различных методов описания макро- и микроструктуры металлов и сплавов является актуальной, так как именно структура материала является одним из основных факторов, определяющим его физико-механические свойства, которые влияют на эксплуатационные характеристики материала. С интенсивным развитием информационных технологий появилась возможность получения большого количества данных на основе обработки цифровых металлографических изображений с целью более подробного количественного и оперативного описания структуры металлов и сплавов. Обработка и интерпретация большого объема данных цифровых металлографических изображений требует привлечения материаловедческих представлений о формировании структуры металлов, формализации их в общих теоретических положениях и терминах, описывающих кластерные структуры.

¹Поддержано грантом ИМИ ЯГУ для студентов и магистрантов за 2009 г., проект № 1

В случае ферритно-перлитной структуры стали, образования перлита, исследуемые на шлифах экспериментальных образцов, целесообразно интерпретировать как двумерные кластеры на квадратной решётке. Тогда в качестве характеристик структуры стали можно рассматривать такие важнейшие параметры двумерных кластеров, как корреляционная длина, корреляционная функция, распределение кластеров по размерам и др.

Целью данной работы является определение характеристик кластеров ферритно-перлитной структуры стали, выявленной планиметрическим методом стереометрической металлографии.

В качестве объектов исследования был выбран материал контртела машины трения, изготовленного в соответствии с ГОСТ 17.367-71, микроструктура которого имеет ферритно-перлитную структуру с содержанием перлита $\approx 50\%$. Для обеспечения необходимой однородности микроструктуры и высокой твердости, данные образцы были подвергнуты термообработке.

В работе рассчитаны функции распределения кластеров перлита по размерам, корреляционные функции, средний размер и корреляционная длина кластеров структуры стали до и после термообработки. Сравнительный анализ этих характеристик с аналогичными параметрами равновесной структуры кластеров, показал, что структура стали при термообработке становится более однородной.

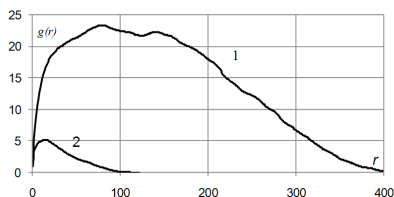


Рис. 1: Распределение кластеров ферритно-перлитной структуры стали: 1 – до термообработки, 2 – после термообработки

На рис. 1 представлены корреляционные функции образований перлита, рассчитанные до (график 1) и после термообработки (график 2). Снижение значений корреляционной функции после термообработки стали, является следствием уменьшения содержания перлита, и соответственно уменьшением размеров кластеров в результате термообработки образца.

Численное решение задачи вытеснения нефти карбонизированной водой

Пахомова Н.В.

ИМИ ЯГУ, Якутск

Рассмотрим вытеснение нефти карбонизированной водой в однородном горизонтальном пласте. В пористой среде движутся две фазы - нефть и вода и три компонента - нефть, вода и растворенный в них углекислый газ, который при движении системы перераспределяется между фазами, изменяя их физические свойства и фильтрационные характеристики.

В качестве гидродинамической модели рассмотрим систему[1]:

$$\frac{\partial S}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\varphi \frac{\partial S}{\partial \xi} \right) + \frac{\partial f_2}{\partial \xi} - \bar{G}, \quad (1)$$

$$s \frac{\partial C_1}{\partial \tau} = -g \frac{\partial C_1}{\partial \xi} - (d - C_1) \bar{G}, \quad (2)$$

$$(1 - s) \frac{\partial C_2}{\partial \tau} = -\psi \frac{\partial C_2}{\partial \xi} + (d - C_2) \bar{G}, \quad (3)$$

Здесь

$$\varphi = \frac{k_2 f'(s)}{\mu_2(C_2)B} (1 - f_2), \quad g = -\varphi \frac{\partial S}{\partial \xi} + (1 - f_2), \quad \psi = 1 - g,$$

$$\bar{G} = GL/\nu, \quad B = \frac{L\nu\mu_2(c_2)}{\sigma \cos \theta \sqrt{mk}}, \quad f_2 = \frac{k_2}{k_2 + \mu k_1}, \quad \mu = \frac{\mu_2}{\mu_1}.$$

Скорость межфазного перетока углекислого газа запишем следующим образом [1] $G = AU s^\beta (1 - s)^\gamma (C_2 - C_1/K)$.

Данную систему уравнений с соответствующими дополнительными условиями реализовали с помощью явной разностной схемы.

Результаты, полученные при реализации модели, описывающей непрерывное вытеснение нефти карбонизированной водой, хорошо согласуются с результатами работы[1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабалян Г.А., Тумасян А.В., Пантелеев В.Г., Леви Б.И., Халимов Э.М. Применение карбонизированной воды для увеличения нефтотдачи. М.: Недра. 1976.

Расчеты движения воды в модельных руслах в одномерном приближении

Прокопьев А.В.

ИМИ ЯГУ, Якутск

При моделировании течений в реках вследствие того, что реки имеют естественное выделенное направление (вдоль течения), обычно используется одномерный подход, так как протяженность вдоль реки существенно больше ширины. При этом оперируют такими величинами, как средний по сечению глубина и скорость.

Для моделирования движения воды в одномерном приближении рассматривается разностная схема с направленными разностями для уравнений типа “мелкой воды”. Такие уравнения можно получить путем осреднения по сечению трехмерных нестационарных уравнений движения вязкой несжимаемой жидкости Навье-Стокса или Рейнольдса. Далее, предполагая, что глубины в потоке малы по сравнению с шириной потока, а ширина мала по сравнению с длиной, производят упрощения и, делая также еще некоторые дополнительные допущения о характере течения, внутренних массовых силах и силах, действующих на поток со стороны дна, приходят к окончательным уравнениям.

Выполнено сравнение расчетных решений с точными решениями, проведены численные эксперименты и анализ полученных данных.

Параллельная реализация метода Холесского¹

Серебряков Д.А.

ИМИ ЯГУ, Якутск

В данной работе рассматривается алгоритм распараллеливания метода Холесского [1] для решения систем линейных алгебраических уравнений. Полученные результаты могут быть использованы для численной реализации краевых задач для уравнений математической физики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дж. Ортега. Ведение в параллельные и векторные методы решения линейных систем // 1991. С. 186-196.

¹Поддержано грантом ИМИ ЯГУ для студентов и магистрантов за 2009 г., проект № 2

Расчет остаточных напряжений и деформаций при сварке тонких пластин

Слепцова Е.А., Павлов А.Р.

ЯГИТИ, ИМИ ЯГУ, Якутск

Решение упруго-пластической задачи до полного выравнивания температуры не дает истинные значения остаточных сварочных напряжений и деформаций, так как, начиная с некоторой температуры, при остывании материал будет работать как упругое тело. По теореме о разгрузке А.А. Ильюшина [1] разработан алгоритм для определения остаточных сварочных напряжений и деформаций. Выполнены расчеты при электродуговой сварке встык двух тонких пластин, изготовленных из низкоуглеродистой стали, с размерами 10×8 см и полностью свободными границами. На рисунке 1 представлены распределения по пластине остаточного напряжения σ_{11} и деформации ε_{11} .

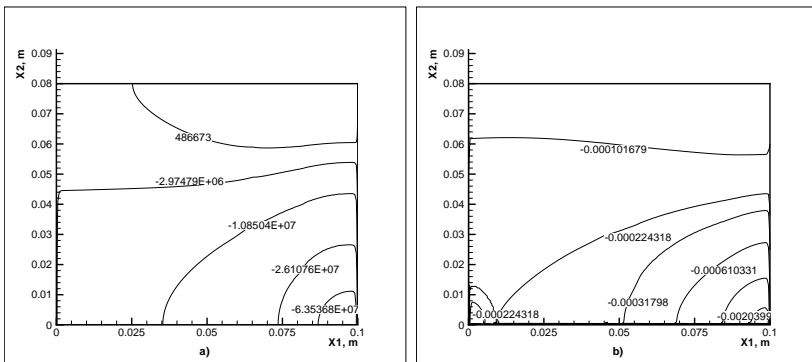


Рис. 1: Распределения остаточного напряжения σ_{11} (а), деформации ε_{11} (б).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ильюшин А.А.* Пластичность. Основы общей математической теории. – М.: Изд-во АН СССР, 1963.

Объектно-ориентированный подход к численному моделированию процессов теплообмена

Федоров И.В.

ИМИ ЯГУ, Якутск

Математическое моделирование процессов теплообмена предполагает решение уравнений в частных производных параболического типа, например, уравнения теплопроводности. В зависимости от постановки моделируемой задачи уравнения могут быть с постоянными коэффициентами или коэффициентами, зависящими от пространственных и временных координат или зависящими от искомой или другой функции. Для численного решения таких уравнений используется так называемый метод конечных разностей, который основан на сведении решения уравнения к решению системы линейных алгебраических уравнений.

Основным подходом к объектно-ориентированному описанию свойств является принятие дисперсной среды с аддитивными свойствами, т.е. любое свойство среды является среднеинтегральной от свойств составляющих. Среда в общем случае состоит из компонент, которые в зависимости от термодинамических условий образуют различные фазы. Дисперсной средой считается такая среда, в которой границы раздела между фазами невозможно определить на макроуровне.

Программа реализована в среде программирования Delphi. Delphi – это система визуального объектно-ориентированного программирования (ООП). По сравнению с традиционными способами программирования ООП обладает рядом преимуществ. Главное из них заключается в том, что эта концепция в наибольшей степени соответствует внутренней логике функционирования операционной системы Windows. Программа, состоящая из отдельных объектов и классов, отлично приспособлена к реагированию на события, происходящие в операционной системе. К другим преимуществам ООП можно отнести большую надежность кода и возможность повторного использования отработанных объектов.

Использование метода Кабаре для численного моделирования взаимодействия пар плоских вихрей

Яковлев П.Г., Карабасов С.А.

ИБРАЭ РАН, Москва

Взаимодействие пар вихрей является одним из ключевых механизмов формирования слоя смешения в отрывных течениях. Эта задача

имеет большое значение в теории генерации звука вихревыми потоками. В настоящей работе проведено исследование динамики взаимодействия плоских вихрей, которая является основой для моделирования генерации звука.

В качестве модели среды взята сжимаемая жидкость, описываемая уравнениями Навье-Стокса. Начальное условие соответствует системе пар вихрей, находящихся в покое. Затем в системе начинается движение, и “ведомая” пара вихрей проскальзывает относительно “ведущей” пары. После этого “ведущая” и “ведомая” пары меняются местами, и после нескольких таких вращений происходит слияние вихрей. Данная задача имеет аналитическое решение относительно среднего периода между “проскоками” и средней скорости движения системы вихрей.

Целью данной работы является численное моделирование двух пар противовращающихся вихрей в бесконечном пространстве методом КАБАРЕ, сравнение полученных результатов с интегральными характеристиками и с решениями, полученными в литературе с использованием Лагранжевого метода на основе вихревых частиц [1, 2].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Головизнин В.М.* Балансно – характеристический метод численного решения уравнений газовой динамики / В.М. Головизнин // Докл.Акад. Наук , 2005, том 403, №4, с.1-6.
2. *J.D. Eldredge*, The dynamics and acoustics of viscous two-dimensional leapfrogging vortices, journal of sound vibrations 301 (2007) 74-92

Секция 3. Современные проблемы математики и механики

Гладкие решения задачи Жевре для уравнения третьего порядка¹

Антипин В.И.

ИМИ ЯГУ, Якутск

Пусть Ω есть конечный интервал $(-1, 1)$ оси Ox , Q есть прямоугольник $\Omega \times (0, T)$, $0 < T < +\infty$. В области Q рассматривается уравнение третьего порядка с меняющимся направлением времени

$$\operatorname{sgn} x u_t - u_{xxx} = F(x, t). \quad (1)$$

Для уравнения (1) рассматривается краевая задача: найти функцию $u(x, t)$ непрерывную вместе со своей производной u_x в замкнутой области \bar{Q} , производная u_{xx} которой непрерывна в области Q , являющуюся в прямоугольнике Q регулярным решением уравнения (1) в $Q \setminus S$, где $S = \{x = 0, 0 \leq t \leq 1\}$ и, удовлетворяющую краевым условиям

$$\begin{cases} u|_{x=-1} = u_x|_{x=-1} = u|_{x=1} = 0, & 0 \leq t \leq 1, \\ u|_{t=1} = 1, & -1 \leq x \leq 0, \\ u|_{t=0} = 0, & 0 \leq x \leq 1. \end{cases} \quad (2)$$

В работе [1] разрешимость поставленной краевой задачи для уравнения (1) сводится к соответствующей регуляризации системы сингулярных интегральных уравнений к системе интегральных уравнений Фредгольма второго рода.

В настоящей работе изучаются гладкие решения уравнения (1) с помощью полученной системы сингулярных интегральных уравнений с постоянными коэффициентами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джусраев Т.Д. Краевые задачи для уравнений смешанного и смешанно-составного типов. Ташкент: Изд-во "ФАН 1979.

¹Работа выполнена при поддержке аналитической ведомственной целевой программы "Развитие научного потенциала высшей школы (2009 - 2010 годы)" и Советом программы (Протокол №АХ-23/11пр от 12 декабря 2008г.), мероприятие 2 (код проекта 3443)

Об одной бескоалиционной дифференциальной игре двух лиц

Васильев М.В.

ИМИ ЯГУ, Якутск

В работе [1] исследована задача охраны окружающей среды с использованием аппарата теории динамических игр. В работе рассматривается динамический конфликтный процесс, в котором участвуют центр (государство), который назначает долю запретной для вылова (заповедной) части водоема и игроки (рыболовецкие артели), производящие вылов рыбы. Центр стремится минимизировать свои затраты на восстановление эксплуатируемой популяции, а игроки стремятся максимизировать свой выигрыш от реализации выловленной рыбы. В работе [1] доказано существование ситуации равновесия по Нэшу в рассматриваемом конфликтном процессе.

В данной работе задача оптимального вылова рыбы при определении центром доли заповедной части водоема формализуется неантагонистической дифференциальной игрой двух лиц с зависимой динамикой и фиксированной продолжительностью. В работе показано существование ситуации ε -равновесия в рассматриваемой дифференциальной игре в классе кусочно-программных стратегий [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Мазалов В.В., Реттиева А.Н. Равновесие по Нэшу в задачах охраны окружающей среды // Математическое моделирование. 2006. Т. 18. № 5. С. 73-90.

2. Малафеев О.А., Троева М.С. Об одной модели управления динамикой популяции // "Актуальные вопросы экологии и экотоксикологии". Труды Санкт-Петербургского общества экологии и экотоксикологии. СПб: НИИ Химии СПбГУ, 1998. – С. 29-32.

Влияние приливных деформаций Земли на вращение внутреннего ядра Земли¹

Григорьев Ю.М., Скрыбина О.Е., Мохначевский А.Н.

ФТИ ЯГУ, Якутск

Земли имеет слоистую структуру – состоит из коры, мантии, жидкого и внутреннего твердого ядер. В 1996 г. была опубликована первая работа, где сообщалось о сейсмологическом доказательстве существования явления дифференциального вращения твердого внутреннего ядра Земли. Оно заключается в том, что твердое ядро вращается

¹Работа поддержана по грантом № 09-01-00301 РФФИ

быстрее, чем кора с мантией. Было оценено, что каждый год ядро опережает кору на 2^0 . Отметим, что за два года до этой публикации такое явление постулировано при разработке модели геомагнитного поля. Начиная с этого года появилось много работ, посвященных изучению дифференциального вращения ядра Земли.

Изучение внутренних масс Земли осуществляется тремя способами. Первый основан на обработке сейсмических данных. Второй с помощью лабораторных экспериментов. Такие работы проводятся в Институте горного дела СО РАН (г. Новосибирск). Мы придерживаемся третьего – метода математического моделирования. В публикациях по первому способу наблюдается устойчивая тенденция уменьшения величины скорости дифференциального вращения – до долей минут в год. Теоретических оценок явления практически нет.

В докладе излагаются результаты авторов по моделированию переноса внутренних масс Земли приливными деформациями. Разработаны соответствующие плоские и трехмерная математические модели для однородной Земли и с учетом наличия твердого ядра. Для решения краевых задач, возникающих в моделях, разработан метод малого параметра. Применены методы теории комплексных и кватернионных функций, метод собственных векторных функций. Результаты показывают наличие переноса масс, оценены величины такого переноса для Земли. Показано, что модель описывает явление дифференциального вращения твердого ядра Земли, величина которой получается порядка долей минут в год, что совпадает с результатами, полученными сейсмологическим путем. Можно сделать вывод, что основной причиной существования явления дифференциального вращения твердого ядра Земли является приливное деформирование Земли.

Распространение уединенных волн в холодной плазме с учетом диссипации

Егорова Е.Р.

ИМИ ЯГУ, Якутск

После открытия Джоном Скоттом Расселом эффекта уединенной волны в 1844 году, научный мир с большим увлечением занимается изучением данного наиболее интересного и замечательного явления природы. В частности, множество работ было посвящено изучению распространения уединенных волн в бесстолкновительной бета-плазме, начиная с 50-х годов XX-го века с изучения частных решений переноса (см., например, Montgomery, 1959, Saffman, 1961), заканчивая, в

настоящее время, изучением полной системы уравнений плазмы (см., например, Bindu and Kuriakose, 1997, монографию Ильичев, 2003).

В настоящее время существует довольно большой объем трудов по “бесстолкновительной” теории, в то время как модели со столкновительными членами оставались мало изученными¹. Поэтому представляет интерес, основываясь на данную теорию, рассмотреть поведение волн в столкновительной плазме.

Описание двухжидкостной гидродинамической модели с учетом силы трения между ионами и электронами имеет вид (см., например, монографию Кадомцев, 1976):

$$m_i \frac{d^{(i)} \bar{v}_i}{dt} = e \left(\bar{E} + \frac{1}{c} (\bar{v}_i \times \bar{B}) \right) + \frac{m_e}{\tau_e} (\bar{v}_e - \bar{v}_i),$$

$$m_e \frac{d^{(e)} \bar{v}_e}{dt} = -e \left(\bar{E} + \frac{1}{c} (\bar{v}_e \times \bar{B}) \right) - \frac{m_e}{\tau_e} (\bar{v}_e - \bar{v}_i).$$

Здесь m_i , m_e - массы соответственно ионов и электронов, v_i , v_e - их скорости, E - напряженность электрического поля, B - магнитное поле, τ_e - среднее время между электронно-ионными столкновениями. Необходимо дополнить уравнения, приведенные выше, уравнениями неразрывности для ионной и электронной жидкостей, соответственно, и уравнениями Максвелла, чтобы получить полную систему движения плазмы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bindu S.G. and Kurakiose V.C. Solitons and electromagnetic wave propagation through cold collision free plasma // J. Phys. Soc. Jpn. – 1997. – V. 67. – P. 4031-4036.
2. Montgomery D. Nonlinear Alfvén waves in a cold ionized gas // Phys. Fluids – 1959. – V. 2. – P. 585-588.
3. Saffman P.G. On hydromagnetic waves of finite amplitude in a cold plasma // J. Fluid Mech. -1961. – V. 11. – P. 552-556.
4. Ильичев А.Т. Уединенные волны в моделях гидромеханики. – М.:Физматлит, 2003 – С. 131-166.
5. Кадомцев Б.Б. Коллективные явления в плазме. – М.:Наука, 1976 – С. 25-35.

¹В данном случае подразумевается постановка задачи, представленная далее.

Об одном способе формирования стратегий в РЕС-задачах

Егоров Р.И., Кайгородов С.П., Бурнашева А.А.

НИИМ при ЯГУ, ИМИ ЯГУ, Якутск

При моделировании многих социально-экономических процессов, часто встречаются задачи выбора и принятия решений. Некоторые из них сводятся к одной или нескольким задачам выбора одной из двух возможностей: “*поступить таким образом*” или “*не поступить таким образом*”. Предлагается такого рода задачи называть задачами “*за*” и “*против*”, или РЕС-задачами (от латинского *pro et contra*). Для каждой РЕС-задачи рассматриваются определенные наборы аргументов (доводов) в пользу той или иной возможности. РЕС-задача определяется как совокупность множеств P , C и матрицы A , где

$$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}, \quad n \in N,$$

– множество аргументов “*за*”,

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}, \quad m \in N,$$

– множество аргументов “*против*”,

$$A = \{a_{ij}\}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m},$$

– $n \times m$ -матрица, состоящая из элементов a_{ij} , являющихся экспертными оценками взаимодействия p_i и c_j .

Предполагается, что каждый аргумент “*за*” p_i сравнивается с каждым аргументом c_j “*против*” и методом экспертных оценок [1] (или каким-либо другим способом) получаются числа a_{ij} , которые назовем экспертными оценками взаимодействия p_i и c_j . Чем больше значение a_{ij} , тем более значим и убедителен аргумент “*за*” p_i по сравнению с аргументом “*против*” c_j . И наоборот, чем меньше значение a_{ij} , тем более значим и убедителен аргумент “*против*” c_j по сравнению с аргументом “*за*” p_i .

В работе приводятся условия, делающие корректным применение РЕС-задач при моделировании ситуаций выбора и принятия решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вентцель Е.С.* Исследование операций. Задачи, принципы, методология. – М.: Наука, 1988.

Задача об обтекании плоского контура идеальной несжимаемой жидкостью

Караульный П.В.

ИМИ ЯГУ, Якутск

В данной работе рассматриваются основные задачи на обтекание [1-3]. Для постановки таких задач рассматривается комплексный потенциал

$$w(z) = \varphi(x, y) + i\psi(x, y),$$

в котором функция тока ψ удовлетворяет уравнению Лапласа $\Delta\psi = 0$.

Простейший случай такого рода задач является задача об обтекании кругового цилиндра поступательным безвихревым потоком, имеющим на бесконечности заданную по величине и направлению скорость v_∞ . При решении этой задачи получаем потенциал течения в виде

$$w(z) = \bar{v}_\infty z + \frac{a^2 v_\infty}{z} - \frac{i\Gamma}{2\pi} \ln z.$$

Далее, при исследовании задачи на обтекание профиля Жуковского, сводящейся к простейшей задаче на обтекание кругового цилиндра получается, что при обтекании данных профилей появляется подъемная сила, модуль которой вычисляется по формуле

$$|R| = 4\pi\rho |v_\infty|^2 \left(\sqrt{c^2 + k^2} + \varepsilon \right) \sin \left(\alpha + \frac{\gamma}{2} \right).$$

В попытках оптимизировать профиль с целью максимизации подъемной силы, при наложении различных ограничений на параметры профиля, была получена формула для нахождения площади области при конформном отображении, не излагающаяся в общем курсе комплексного анализа, для вывода которой применяются иные рассуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Валландер С. В.* Лекции по гидроаэромеханике. – Л.: издательство ЛГУ, 1978, 296 с.
2. *Кочин Н. Е., Кибель И. А., Розе Н. В.* Теоретическая гидромеханика, ч. I. – М.: Физматгиз, 1963, 584 с.
3. *Лойцянский Л.Г.* Механика жидкости и газа. – М.: Гостехиздат, 1950, 676 с.

Асимптотические методы в задачах о движении вязкой несжимаемой жидкости

Крыжановский В.А.

ИМИ ЯГУ, Якутск

В данной работе была исследована задача об обтекании эллипсоида вращения вязкой несжимаемой жидкостью. Эта задача поставлена по аналогии с задачей Стокса об обтекании сферы вязкой несжимаемой жидкостью, и является более общим случаем [1–3].

Дан эллипсоид вращения $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1$. Поток жидкости обтекает его по оси Ox в положительном направлении. Тогда, если рассматривать поперечное сечение эллипсоида вращения относительно оси Ox , то это будет окружность.

Основное дифференциальное уравнение можно при этих условиях переписать в виде $\rho(V \cdot \nabla)V = -gradp - \rho rot\Omega$. Интегрирование этого уравнения в его общем виде представляется затруднительным из-за наличия нелинейных членов. Поэтому откидываем нелинейные члены в левой части уравнения, решим совокупность линеаризованного таким образом уравнения с линейным уравнением сжимаемости

$$0 = gradp + \mu rot\Omega, \quad divV = 0, \quad (1)$$

а затем, чтобы выяснить область применимости решения, оценим порядок откинутых нелинейных членов.

Вводя сферическую систему координат (r, ε, θ) , заключим у вектора вихря лишь одной составляющей Ω_ε . Составляющие Ω_r и Ω_θ равны нулю. Также

$$\frac{\partial \Omega}{\partial \varepsilon} = 0, \quad \Omega = \Omega(r, \theta).$$

Компонент вихря в сферических координатах:

$$rot_r \Omega = \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\Omega \sin \theta), \quad rot_\theta \Omega = -\frac{1}{r} \frac{\partial (r\Omega)}{\partial r}, \quad rot_\varepsilon \Omega = 0.$$

Таким образом, уравнение (1) сводится к одному уравнению

$$r \frac{\partial^2 (r\Omega)}{\partial r^2} + \frac{\partial}{\partial \theta} \left[\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\Omega \sin \theta) \right] = 0. \quad (2)$$

Решаем уравнения (2) в виде произведения двух функций $R(r)$ и $\Theta(\theta)$

$$\Omega = R(r) \cdot \Theta(\theta),$$

$$\frac{r}{R(r)} \frac{d^2}{dr^2} [rR(r)] = -\frac{1}{\Theta(\theta)} \frac{d}{d\theta} \left\{ \frac{1}{\sin \theta} \frac{d}{d\theta} [\Theta(\theta) \sin \theta] \right\}.$$

Находим $\Omega = -\frac{3aV_\infty \sin \theta}{2r^2 \sqrt{1 - N^2 \cos^2 \theta}}$ и граничные условия

$$\begin{cases} r = \frac{a}{\sqrt{1 - N^2 \cos^2 \theta}}, V_r = 0, V_\theta = 0; \\ r = \infty, V_r = V_\infty \cos \theta, V_\theta = -V_\infty \sin \theta. \end{cases}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. *Милн-Томсон Л.М.* Теоретическая гидродинамика. – М.: 1964г.
2. *Л.Г.Лойцянский* Механика жидкости и газа. – М.: 1954г.
3. *Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц* Механика сплошной среды. – М.: 1958г.

Разрешимость пространственно нелокальной задачи для уравнения третьего порядка

Лукина Г.А.

МПТИ (Ф) ЯГУ, Якутск

Пусть Ω есть конечный интервал $(0,1)$ оси Ox , Q есть прямоугольник $\Omega \times (0, T)$, $0 < T < \infty$. В области Q рассматривается уравнение

$$u_{ttt} - a(x, t)u_{xx} + c(x, t)u = f(x, t), \quad (x, t) \in Q \quad (1)$$

с нелокальными краевыми условиями

$$u_x(0, t) = \alpha_1(t)u(0, t) + \alpha_2(t)u(1, t), \quad 0 < t < T, \quad (2)$$

$$u_x(1, t) = \beta_1(t)u(0, t) + \beta_2(t)u(1, t), \quad 0 < t < T, \quad (3)$$

где $a(x, t)$, $c(x, t)$, $f(x, t)$, $\alpha_1(t)$, $\alpha_2(t)$, $\beta_1(t)$, $\beta_2(t)$ – заданные функции, определенные при $x \in \Omega = [0, 1]$, $t \in [0, T]$.

Рассматривается краевая задача: найти функцию $u(x, t)$, являющуюся в прямоугольнике Q решением уравнения (1) и такую, что для нее выполняются нелокальные краевые условия (2), (3), а также начальные условия

$$u(x, 0) = u_t(x, 0) = u(x, T) = 0, \quad (4)$$

Отметим, что в работе [1] методом продолжения по параметру была исследована разрешимость начально-краевой задачи для уравнения теплопроводности $u_t - a(x, t)u_{xx} + c(x, t)u = f(x, t)$. В настоящей работе доказывается однозначная разрешимость поставленной краевой задачи также с использованием метода продолжения по параметру.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кожанов А.И.* О разрешимости некоторых пространственных нелокальных краевых задач для линейных параболических уравнений // Вестник Самарского университета. Естественнонаучная серия, 2008. №3(62). С.165–174.

Спектральные задачи с индефинитной метрикой в гильбертовом пространстве¹

Марков В.Г

ИМИ ЯГУ, Якутск

Рассматривается оператор $L = \frac{1}{g(x)}r(x)\partial_x^2$ в весовом гильбертовом пространстве $E = L_{2,g}(-1, 1)$ с областью определения

$$D(L) = \left\{ u \in E : Lu \in E, u(-1) = u(1) = 0, \right.$$

$$\left. \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u^-(0) \\ u'^-(0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} \\ \beta_{21} & \beta_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u^+(0) \\ u'^+(0) \end{pmatrix} \right\},$$

где $g \geq 0$ почти всюду, $r(x) = \begin{cases} \beta_x > 0, & x \in (0, 1), \\ \alpha_x < 0, & x \in (-1, 0). \end{cases}$

Найдено условие симметричности оператора L

$$\alpha\pi - \beta\gamma = \frac{\beta_0\beta_x}{\alpha_0\alpha_x}. \quad (1)$$

¹Работа выполнена при поддержке аналитической ведомственной целевой программы "Развитие научного потенциала высшей школы (2009 - 2010 годы)" и Советом программы (Протокол № АХ - 23/11пр от 12 декабря 2008г.), мероприятие 2 (код проекта 3443)

Доказана самосопряженность оператора L при

$$\delta = \alpha\varpi - \beta\gamma < 0. \quad (2)$$

Теорема (о разложении). Пусть выполнены условия (1), (2). Тогда найдется эквивалентное скалярное произведение в пространстве $L_{2,g}(-1, 1)$ в котором оператор L самосопряжен. Нормированные собственные функции спектральной задачи $Lu = \lambda u$ образуют ортонормированный базис в пространстве $L_{2,g}(-1, 1)$.

В случае $\delta = \alpha\varpi - \beta\gamma > 0$ оператор L является самосопряженным в индефинитной метрике

$$[u, v] = \int_{-1}^0 g(x)\alpha_0 u(x)\overline{v(x)} dx + \int_0^1 g(x)\beta_0 u(x)\overline{v(x)} dx.$$

При этом соответствующая спектральная задача записывается в виде

$$r(x)Lu = \lambda r(x)u,$$

где оператор $L_1 = \operatorname{sgn} xL$ самосопряжен в скалярном произведении

$$(u, v) = \int_{-1}^0 g(x)|\alpha_0|u(x)\overline{v(x)} dx + \int_0^1 g(x)|\beta_0|u(x)\overline{v(x)} dx.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. *Наймарк М.А.* Линейные дифференциальные операторы. М.: Наука, 1969. 526 с.

Трехмерная математическая модель приливных деформаций земли¹

Мохначевский А.Н.

ФТИ ЯГУ, Якутск

Известна гипотеза о том, что приливные деформации Земли могут приводить к направленному переносу ее внутренних масс. Из сейсмических данных были получены сведения о том, что внутреннее ядро имеет несколько большую скорость вращения, чем Земля в целом, т.е. существует восточный дрейф Земли.

¹Работа поддержана по грантом № 09-01-00301 РФФИ

В рамках данной задачи мы оцениваем эффект приливного взаимодействия, т.е. направленный перенос внутренних масс Земли приливными волнами. Вначале сделаем некоторые упрощения. Допустим, что возмущающая масса только одна (Луна) и лежит в экваториальной плоскости Земли. Отбросим кору и мантию Земли, будем рассматривать только жидкую часть ядра. Форму исследуемого тела выберем в виде эллипсоида вращения с малым эксцентриситетом и с шаровой полостью в центре. Будем предполагать, что тело является однородным и линейно вязким. Конвективные течения здесь также исключены. Тогда задача сводится к решению уравнений Стокса: $\mu \Delta \mathbf{v} = \nabla p$, $\nabla \mathbf{v} = 0$. Решаем задачу методом малого параметра. В качестве этого параметра возьмем эксцентриситет. Для каждой из поправок скорости получаются краевые задачи для системы Стокса внутри шарового слоя. Решая последовательно ряд краевых задач для системы Стокса внутри шарового слоя, можем найти решение основной задачи. Незвестная заранее угловая скорость ядра определяется условием равенства нулю полного момента вязких сил на внутренней поверхности.

Для решения системы Стокса внутри шарового слоя вводим в рассмотрение векторные гармоники, ортогональные на поверхности сферы. Разделяя переменные в системе Стокса, получаем дифференциальные уравнения для радиальных функций векторного разложения вектора скорости: $\mathbf{v} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{k=-n}^n m_n^k(r) \mathbf{L}_n^k + u_n^k(r) \mathbf{M}_n^k + v_n^k(r) \mathbf{N}_n^k$. Постоянные интегрирования, входящие в радиальные функции, определяются граничными условиями. Для тестирования метода решены задачи о движении жидкости в шаровом слое, когда граничные сферы вращаются вокруг различных диаметров с заданными угловыми скоростями, визуализированы линии тока.

Жесткое включение в контактной задаче для упругих пластин¹

Неустроева Н.В.

ИМИ ЯГУ, Якутск

Исследуется семейство контактных задач, описывающих равновесие упругих пластин (модели Кирхгофа-Лява), расположенных под углом α друг к другу. При этом на контактных границах задаются краевые условия, имеющие вид системы равенств и неравенств. В недавно

¹Работа выполнена при поддержке интеграционного проекта СО РАН, выполняемого совместно со сторонними организациями (проект N90) и в рамках гранта Президента РС(Я) для молодых ученых и студентов (проект N2)

опубликованной статье [1] рассмотрена задача о контакте двух однородных упругих пластин, расположенных под заданным углом друг к другу. В данной работе рассматриваются асимптотические свойства решения задачи [2] при стремлении параметра жесткости нижней пластины к бесконечности. При этом пластины - неоднородные и анизотропные. Доказано, что предельные задачи в точности описывают контакт упругой пластины с жесткой балкой и равновесие упругой пластины с жестким включением. Установлена разрешимость задач, найдены краевые условия, выполняющиеся на множестве возможного контакта и их точная интерпретация.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хлуднев А.М. Об одностороннем контакте двух пластин, расположенных под углом друг к другу // ПМТФ. 2008. Т.49. N4. С. 42–58.
2. Хлуднев А.М. Задача о трещине на границе жесткого включения в упругой пластине. Новосибирск, 2009 (Препр. РАН Сиб. отд.-ие. Ин-т гидродинамики. N 1-2009).

Разрешимость одной краевой задачи параболического типа

Осипова Т.Л.

ИМИ ЯГУ, Якутск

В работе исследуется разрешимость одной краевой задачи для параболического уравнения с переменным направлением времени:

$$x \frac{\partial u(x, t)}{\partial t} = \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2}, \quad |x| < 1, \quad 0 < t < T, \quad (1)$$

$$u(1, t) = 0, \quad 0 < t < T, \quad (2)$$

$$u(-1, t) = 0, \quad 0 < t < T, \quad (3)$$

$$u(x, 0) = f_1(x), \quad 0 \leq x \leq 1, \quad (4)$$

$$u(x, T) = f_2(x), \quad -1 \leq x \leq 0. \quad (5)$$

Краевые задачи для параболических уравнений с переменным направлением времени типа (1) давно стали предметом изучения в теории уравнений в частных производных в связи с некоторыми задачами механики и физики.

В данной работе исследование проводится с применением бесконечных систем линейных алгебраических уравнений [1], [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Федоров Ф.М.* Решение одной задачи с переменным направлением времени граничным методом // *Мат. заметки ЯГУ. – Якутск, 1996. – Т. 3, №2, - С. 62 – 71.*

2. *Потапова С.В.* Разрешимость одной краевой задачи для параболического уравнения с меняющимся направлением времени // *Мат. заметки ЯГУ. – Якутск, 2006. – Т. 13, вып. 1, - С. 121 – 134.*

Исследование обратной задачи восстановления плотностей источников одномерного волнового уравнения¹

Павлов С.С.

ИМИ ЯГУ, Якутск

В теории обратных задач тепло- и массопереноса [1] часто возникают проблемы восстановления плотностей неизвестных источников загрязнения. Во многих случаях считают, что неизвестной является зависимость правой части от времени [2]. Рассматриваемые обратные задачи в ряде случаев формулируют как проблемы управления [3].

Целью настоящей работы является исследование разрешимости обратной задачи определения плотностей нескольких источников для одномерного волнового уравнения.

Пусть Ω есть конечный интервал $(0, 1)$ оси Ox , Q есть прямоугольник $\Omega \times (0, T)$, $0 < T < +\infty$. В области Q рассматривается волновое уравнение

$$u_{tt} - a^2 u_{xx} = \sum_{k=1}^m f_k(x, t) q_k(t) + g(x, t) \quad (1)$$

¹Работа выполнена при поддержке аналитической ведомственной целевой программы "Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)" и Советом программы (Протокол №АХ-23/11пр от 12 декабря 2008 г.), мероприятие 2 (код проекта 3443)

с начальными условиями

$$u|_{t=0} = u_0(x), \quad u_t|_{t=0} = u_1(x), \quad (2)$$

и с граничными условиями

$$u|_{x=0} = 0, \quad u|_{x=1} = 0. \quad (3)$$

Обратная задача заключается в нахождении функций $q_k(t)$, $k = 1, \dots, m$, плотностей источника, зависящих от времени, входящих в правую часть уравнения (1), так же, как и решения $u(x, t)$ задачи (1)–(3), по дополнительным наблюдениям за концентрацией в некоторых внутренних точках α_i :

$$u|_{x=\alpha_i} = \psi_i(t), \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (4)$$

Предполагаем, что определитель матрицы $B = B(t)$ с элементами $b_{ij} = f_j(\alpha_i, t)$ не равен нулю равномерно по $t \in [0, T]$.

Теорема. Пусть $g, f_k \in L_2(0, T; W_2^2(0, 1))$, $g(0, t) = g(1, t) = f_k(0, t) = f_k(1, t) = 0$, $u_0 \in W_2^3(0, 1)$, $u_0(0) = u_0(1) = u_0''(0) = u_0''(1) = 0$, $u_1(0) = u_1(1) = 0$, $u_1 \in W_2^2(0, 1)$, $\psi_k(t) \in L_2(0, T)$ ($k = 1, \dots, m$). Тогда существует единственное решение обратной задачи (1)–(4) определения $u(x, t)$ и коэффициентов $q_k(t)$ из класса

$$u \in L_2(0, T; W_2^3(0, 1)), \quad u_t \in L_2(0, T; W_2^2(0, 1)),$$

$$q_k \in L_2(0, T) \quad (k = 1, \dots, m).$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Самарский А.А., Вабичевич П.Н., Васильев В.И. Итерационное решение ретроспективной обратной задачи теплопроводности // Математическое моделирование. 1997. Т.9, №5. С.119–127.

2. Калинина Е.А. Численное исследование обратной задачи восстановления плотности источника двумерного нестационарного уравнения конвекции-диффузии // Дальневосточный математический журнал. 2004. Т.5, №1. С.89–99.

3. Алексеев Г.В. Обратные экстремальные задачи для стационарных уравнений тепломассопереноса // Доклады РАН. 2000. Т.375, №3. С.315–319.

О краевой задаче для параболического уравнения четвертого порядка с меняющимся направлением времени¹

Петров П.П., Попов С.В.

МПТИ (ф) ЯГУ, Мирный; ИМИ ЯГУ, Якутск

В работе [1] при общих условиях сопряжения (склеивания) для уравнения четвертого порядка было показано, что нецелый показатель $p - [p]$ пространства $H_{x,t}^{p,p/2}$ может существенно влиять как на количество условий разрешимости, так и на гладкость искомого решения.

Цель настоящей работы — уточнение теоремы однозначной разрешимости для параболического уравнения четвертого порядка с меняющимся направлением времени.

В области $Q = \Omega \times (0, T)$ рассмотрим параболические уравнения четвертого порядка

$$\operatorname{sgn} x u_t + \frac{\partial^4 u}{\partial x^4} = 0. \quad (1)$$

Решение уравнения ищется из пространства Гельдера $H_{x,t}^{p,p/4}(Q^\pm)$, $p = 4l + \gamma$, $0 < \gamma < 1$, удовлетворяющее начальным условиям

$$u(x, 0) = u_0(x) \quad (x \in \Omega^+), \quad u(x, T) = u_T(x) \quad (x \in \Omega^-), \quad (2)$$

и условиям склеивания

$$\frac{\partial^k u}{\partial x^k}(-0, t) = \sigma_k \frac{\partial^k u}{\partial x^k}(+0, t) \quad (k = 0, 1, 2, 3), \quad (3)$$

где $\sigma_0 = \sigma_1 \equiv \sigma$, $\sigma_2 = \sigma_3 \equiv 1/\sigma$.

Теорема. Пусть $\varphi_1, \varphi_2 \in H^p$ ($p = 4l + \gamma$),

$$\theta = \frac{1}{\pi} \operatorname{arctg} \left| \frac{\sigma^4 + (2 + \sqrt{2})\sigma^2 - 1}{\sigma^4 - (2 + \sqrt{2})\sigma^2 - 1} \right|.$$

Тогда при $|\sigma| < 1$ и выполнении $4l$ условий

$$L_s(\varphi_1, \varphi_2) = 0, \quad s = 1, \dots, 4l \quad (4)$$

¹Работа выполнена при поддержке аналитической ведомственной целевой программы "Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)" и Советом программы (Протокол №АХ-23/11пр от 12 декабря 2008 г.), мероприятие 2 (код проекта 3443)

существует единственное решение уравнения (1), удовлетворяющее условиям (2), (3) из пространства

- 1) $H_{x t}^{p, p/4}$, если $0 < \gamma < 1 - 4\theta$;
- 2) $H_{x t}^{q, q/4}$, $q = 4l + 1 - 4\theta$, если $1 - 4\theta < \gamma < 1$;
- 3) $H_{x t}^{q-\varepsilon, (q-\varepsilon)/4}$, если $\gamma = 1 - 4\theta$, где ε — сколь угодно малая положительная постоянная.

Замечание. Если выполнены условия теоремы при $|\sigma| \geq 1$, то единственное решение задачи (1) — (3) существует из искомого пространства $H_{x t}^{p, p/4}$ при выполнении $6l + 2$ условий вида (4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов С.В. О гладкости решений параболических уравнений с меняющимся направлением эволюции // Доклады Академии Наук. 2005. Т.400, №1. С.29–31.

Разрешимость задачи со смещением для псевдопараболического уравнения с нелокальными интегральными краевыми условиями¹

Попов Н.С.

ИМИ ЯГУ, Якутск

Пусть Ω есть конечный интервал $(0, 1)$ оси Ox , Q есть прямоугольник $\Omega \times (0, T)$, $0 < T < +\infty$. В области Q рассматривается уравнение

$$u_t - a(x, t)u_{xx} + c(x, t)u - u_{xxt} = f(x, t), \quad (x, t) \in Q, \quad (1)$$

с нелокальными краевыми условиями

$$u_x(0, t) = \alpha_1(t)u(0, t) + \alpha_2(t)u(1, t) + \int_0^1 K_1(y, t)u(y, t) dy, \quad (2)$$

¹Работа выполнена при поддержке аналитической ведомственной целевой программы "Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)" и Советом программы (Протокол №АХ-23/11пр от 12 декабря 2008 г.), мероприятие 2 (код проекта 3443)

$$u_x(1, t) = \beta_1(t)u(0, t) + \beta_2(t)u(1, t) + \int_0^1 K_2(y, t)u(y, t) dy, \quad (3)$$

где $a(x, t)$, $c(x, t)$, $f(x, t)$, $\alpha_1(t)$, $\alpha_2(t)$, $\beta_1(t)$, $\beta_2(t)$, $K_1(x, t)$, $K_2(x, t)$ – заданные функции определенные при $x \in \bar{\Omega} = [0, 1]$, $t \in [0, T]$.

Рассматривается краевая задача: найти функцию $u(x, t)$ являющуюся в прямоугольнике Q решением уравнения (1) и такую, что для нее выполняются нелокальные краевые условия (2), (3), а также начальное условие

$$u(x, 0) = 0, \quad x \in \Omega. \quad (4)$$

Отметим, что в работе [1] методами регуляризации и продолжения по параметру была исследована разрешимость аналогичной начально-краевой задачи без интегральных нелокальных краевых условий для уравнения теплопроводности $u_t - a(x, t)u_{xx} + c(x, t)u = f(x, t)$. В случае однородных локальных краевых условий вида (2), (3) – т. е. при выполнении условий $\alpha_2(t) = \beta_1(t) = 0$, $K_1(x, t) = K_2(x, t) = 0$ – теоремы разрешимости для уравнений вида (1), называемых псевдопараболическими или же уравнениями Аллера, были доказаны в работах [2, 3]. Разрешимость краевой задачи (1)–(4) без интегральных нелокальных краевых условий была исследована в работе [4].

В настоящей работе доказывается однозначная разрешимость поставленной краевой задачи с использованием метода продолжения по параметру.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кожанов А.И.* О разрешимости некоторых пространственных нелокальных краевых задач для линейных параболических уравнений // Вестник Самарского университета. Естественная серия, 2008. №3(62). С.165–174.
2. *Якубов С.Я.* Линейные дифференциально–операторные уравнения и их приложения. – Баку: Элм., 1985.
3. *Kozhanov A.I.* Composite Type Equations and Inverse Problems. VSP. Netherlands. Utrecht, 1999.
4. *Потов Н.С.* Разрешимость задачи со смещением для псевдопараболического уравнения // Материалы XLVII Международной научной студенческой конференции "Студент и научно-технический прогресс": Математика / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2009. С.18–19.

О краевой задаче для общих параболических уравнений шестого порядка с меняющимся направлением времени¹

Потапова С.В.

НИИМ при ЯГУ, Якутск

В области $Q = (-\infty < x < \infty) \times (0 < t < T)$, рассматривается параболическое уравнение 6-го порядка с меняющимся направлением времени

$$\operatorname{sgn} x u_t + Lu = 0, \quad (1)$$

где

$$Lu = \sum_{i=0}^5 k_i(x, t) \frac{\partial^{6-i} u}{\partial x^{6-i}} + c(x, t)u, \quad -k_0 \geq \delta > 0,$$

$$2c + \sum_{i=1}^6 (-1)^i \frac{\partial^i k_{6-i}}{\partial x^i} \geq 0, \quad \sum_{i=0}^4 (-1)^{i+1} \frac{i+2}{2} \cdot \frac{\partial^i k_{4-i}}{\partial x^i} > 0,$$

$$2k_2 - 5 \frac{\partial k_1}{\partial x} + 9 \frac{\partial^2 k_0}{\partial x^2} > 0.$$

Решение уравнения ищем из пространства Гельдера $H_{x,t}^{p,p/6}$, $p = 6l + \gamma$, $0 < \gamma < 1$ и удовлетворяет начальным условиям

$$u(x, 0) = \varphi_1(x), \quad x > 0, \quad u(x, T) = \varphi_2(x), \quad x < 0, \quad (2)$$

условиям склеивания

$$\frac{\partial^k u}{\partial x^k}(-0, t) = \sigma_k \frac{\partial^k u}{\partial x^k}(+0, t) \quad (0 < t < T, k = 0, 1, 2, 3, 4, 5), \quad (3)$$

где σ_k — действительные постоянные, $l \geq 1$ — целое число.

В работе [1] доказана $2nl$ -разрешимость для уравнения (1) в случае $L \equiv \frac{\partial^{2n}}{\partial x^{2n}}$.

Теорема. Пусть $\varphi_1, \varphi_2 \in H^p$, $k_i(x, t) \in H_{x,t}^{p-(6-i), (p-(6-i))/6}$ ($p = 6l + \gamma$). Тогда при выполнении $6l$ условий существует единственное решение уравнения (1), удовлетворяющее условиям (2) и (3), из пространства $(\theta = \frac{1}{\pi} \arctg |\frac{a}{b}| \in (\frac{1}{6}; \frac{1}{3}))$

¹Работа выполнена при поддержке аналитической ведомственной целевой программы "Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)" и Советом программы (Протокол №АХ-23/11пр от 12 декабря 2008 г.)

- 1) $H_{x \ t}^{p, p/6}$, если $0 < \gamma < 2 - 6\theta$;
- 2) $H_{x \ t}^{q, q/6}$, $q = 6l + 2 - 6\theta$, если $2 - 6\theta < \gamma < 1$;
- 3) $H_{x \ t}^{q-\varepsilon, (q-\varepsilon)/6}$, если $\gamma = 2 - 6\theta$, где ε — сколь угодно малая положительная постоянная.

Замечание 1. Если выполнены условия теоремы при $\theta \leq \frac{1}{6}$, то единственное решение задачи (1)-(3) существует из искомого пространства $H_{x \ t}^{p, p/6}$ при выполнении $6l$ условий.

Замечание 2. Если выполнены условия теоремы при $\theta \geq \frac{1}{3}$, то, как показано в [2], единственное решение задачи (1)-(3) существует из искомого пространства $H_{x \ t}^{p, p/6}$ при выполнении $10l + 2$ условий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Потапова С.В., Попов С.В.* Разрешимость параболических уравнений 2n-го порядка с меняющимся направлением эволюции // Вестник Самарского университета: естественнонаучная серия. 2007. № 6(56). С. 162–175.

2. *Попов С.В.* Разрешимость краевых задач для параболического уравнения с меняющимся направлением времени высокого порядка / Ред. журн. "Сиб. мат. журнал". Новосибирск, 1988. 56 с. Деп. в ВИНТИ 07.12.88, № 8646–Б88.

Гладкие решения интегрального уравнения задачи Трикоми¹

Сидорова Е.В., Попов С.В.

МПТИ (ф) ЯГУ, Мирный; ИМИ ЯГУ, Якутск

Известно, что доказательство существования решения задачи Трикоми сводится к решению интегрального уравнения относительно $\nu(x)$, разрешимость которого следует из теоремы единственности исходной задачи [1,2]:

$$\nu(x) + \frac{1}{\pi\sqrt{3}} \int_0^1 \left(\frac{x}{t}\right)^{\frac{1}{3}} \frac{K(x, t)}{t-x} \nu(t) dt = F(x), \quad (1)$$

¹Работа выполнена при поддержке аналитической ведомственной целевой программы "Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)" и Советом программы (Протокол №АХ-23/11пр от 12 декабря 2008 г.), мероприятие 2 (код проекта 3443)

где

$$K(x, t) = \frac{x + t - 2xt - (2t - 1)(t - x)}{x + t - 2xt} = \frac{2t(1 - t)}{x + t - 2xt},$$

$F(x) \in H^{\frac{1+\gamma}{3}}(0, 1)$, причем $F(x) = O(t^{\frac{1+\gamma}{3}})$ для малых t .

В настоящей работе уточняем теоремы гладкости решений уравнения (1), полученные в работе [2].

Сингулярное уравнение (1) будем рассматривать как уравнение относительно $\nu_0(x) = \nu(x)x^{-\frac{1}{3}}$. Найдем решения $\nu_0(x)$ характеристической части уравнения (1), неограниченные при $x = 0$ (допускающие особенность меньше единицы) и ограниченные при $x = 1$.

Согласно общей теории [3]

$$\nu(x) = \frac{\sqrt{3}}{4}Q(x) - \frac{1}{4\pi}(1-x)^{\frac{5}{6}}x^{-\frac{1}{2}} \int_0^1 \frac{Q(t)}{(1-t)^{\frac{5}{6}}t^{-\frac{1}{2}}(t-x)} dt. \quad (2)$$

Из формулы (2) следует, что $\nu(0) = 0$, тогда и только тогда, когда

$$\int_0^1 \frac{Q(t)}{(1-t)^{\frac{5}{6}}t^{\frac{1}{2}}} dt = 0. \quad (3)$$

При выполнении (3) формула (2) окончательно примет вид

$$\nu(x) = \frac{\sqrt{3}}{4}Q(x) - \frac{1}{4\pi}(1-x)^{\frac{5}{6}}x^{\frac{1}{2}} \int_0^1 \frac{Q(t)}{(1-t)^{\frac{5}{6}}t^{\frac{1}{2}}(t-x)} dt,$$

которое эквивалентно интегральному уравнению Фредгольма второго рода

$$\nu(x) + \int_0^1 K^*(x, t)\nu(t) dt = Q^*(t). \quad (4)$$

В силу единственности решения исходной задачи, уравнение (4) имеет единственное решение.

Так как $Q^*(x)$ принадлежит пространству $H^{\frac{1+\gamma}{3}}(0, 1)$, то функция $\nu(x)$, представленная формулой (4) удовлетворяет условию Гельдера с показателем $\frac{1+\gamma}{3}$ во всех точках контура $(0, 1)$, отличных от концов. Рассмотрим его поведение на концах. Согласно формуле поведения интеграла типа Коши на концах контура интегрирования [5, с.76], легко видеть, что $\nu(0) = \nu(1) = 0$.

В силу леммы о принадлежности классу Гельдера интеграла типа Коши на концах контура интегрирования (см. [5, с.82-86], [4, с.14-17]) и в силу неравенства $\frac{1+\gamma}{3} < \min\{\frac{5}{6}, \frac{1}{2}\}$ при $0 < \gamma < \frac{1}{2}$ получим, что в уравнении (4) функция $\nu(x)$ удовлетворяет условию Гельдера с показателем $\frac{1+\gamma}{3}$, условию Гельдера с показателем $\frac{1}{2}$ при $\frac{1}{2} < \gamma < 1$ и условию Гельдера с показателем $\frac{1}{2} - \varepsilon$ при $\gamma = \frac{1}{2}$.

Таким образом, при выполнении условия (3) мы получили функцию $\nu(x)$ из искомого пространства $H^{\frac{1+\gamma}{3}}(0, 1)$, удовлетворяющее условиям

$$\nu(0) = \nu(1) = 0.$$

Подставив найденное значение функции $\nu(x)$ в (3), получим единственное условие однозначной разрешимости поставленной краевой задачи Трикоми.

Теорема 1. Пусть $F(x) \in H^p(0, 1)$, $p = \frac{1+\gamma}{3}$. Тогда при выполнении условия (3) существует единственное решение уравнения (1) и принадлежит пространству $H^q(0, 1)$, где

1) $q = \frac{1+\gamma}{3}$, если $0 < \gamma < \frac{1}{2}$;

2) $q = \frac{1}{2}$, если $\frac{1}{2} < \gamma < 1$;

3) $q = \frac{1}{2} - \varepsilon$, если $\gamma = \frac{1}{2}$, ε — сколь угодно малая положительная постоянная.

При выполнении двух условий на данные задачи, справедливо существование более гладкого решения $\nu(x)$.

Теорема 2. Пусть $F(x) \in H^p(0, 1)$, $p = \frac{1+\gamma}{3}$, $\gamma > \frac{1}{2}$. Тогда при выполнении условий

$$\int_0^1 \frac{Q(t)dt}{(1-t)^{\frac{5}{6}} t^{\frac{1}{2}+k}} = 0, \quad k = 0, 1$$

существует единственное решение уравнения (1), которое ищется из уравнения

$$\nu(x) = \frac{\sqrt{3}}{4} F(x) - \frac{1}{4\pi} (1-x)^{\frac{5}{6}} x^{\frac{3}{2}} \int_0^1 \frac{F(t)}{(1-t)^{\frac{5}{6}} t^{\frac{3}{2}}} dt$$

и принадлежит пространству $H^p(0, 1)$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов М.М. Уравнения смешанного типа. М.: Наука, 1970. 296 с.

2. Попов С.В., Сулонова А.А. О гладких решениях задачи Трикоми // Математические заметки ЯГУ. 2008. Т.15, №1. С.74-92.
3. Гахов Ф.Д. Краевые задачи. М.: Наука, 1997. 640 с.
4. Терсенов С.А. Параболические уравнения с меняющимся направлением времени. Новосибирск: Наука, 1985. 105 с.
5. Мусхелишвили Н.И. Сингулярные интегральные уравнения. М.: Наука, 1968. 512 с.

Гарантирующие стратегии преследователя и убегающих в динамической игре преследования “Сонор”

Слепцова Е.А., Ковальска В.Н., Голиков А.И.

ИМИ ЯГУ, Якутск

В стандартном варианте ДИП “Сонор” партия происходит на листке школьной тетради в клетку внутри прямоугольника высотой в 40 и шириной в 30 клеток. На расстоянии в 19, 10 и 1 клеток от верхнего края игрового поля проведены прямые линии, называемые “линиями жизни”. Убегающий при достижении каждой из этих линий жизни получает по одному баллу. Местоположение убегающего или преследователя изображается в виде круга диаметром не более 7 мм. В результате партии убегающие могут набрать от 0 до 15 баллов.

Опишем стратегии преследователя, которые гарантируют, что убегающие получат не более 9 баллов. Обозначим $P(t)$ местоположение центра преследователя, а через $E(t, i)$ местоположение центра i -го убегающего ($i = \overline{1, 5}$). По условию скорость преследователя два раза больше скорости убегающего. Преследователь на начальном этапе выбирает двух убегающих $E(t, 1)$ и $E(t, 2)$, и осуществляет их поимку до достижения “линии жизни”, используя параллельную стратегию сближения.

Утверждение 1. Существуют стратегии преследователя $P(t)$, которые гарантируют, что убегающие $E(t, 1)$ и $E(t, 2)$ не достигают 1-й линии жизни.

Опишем способы действий убегающих, которые гарантируют получение не менее 6 баллов. Для этого после первых восьми ходов делается коррекция направлений движения каждого убегающего в зависимости от местоположения преследователя.

Утверждение 2. Существуют стратегии для $E(t, i)$, где $i = \overline{1, 5}$, которые гарантируют убегающим не менее 6 баллов.

Задача Трикоми в бесконечной области¹

Спиридонова Н.Р.

ИМИ ЯГУ, Якутск

Рассматриваем область D , в которой верхняя полуплоскость неограниченна, а нижняя полуплоскость есть характеристический треугольник, с характеристиками

$$\begin{aligned}\xi &= x - \frac{2}{m+2} (-y)^{\frac{m+2}{2}} = 0, \\ \eta &= x + \frac{2}{m+2} (-y)^{\frac{m+2}{2}} = 1.\end{aligned}$$

В этой области необходимо найти решение $u(x, y)$ уравнения [1]:

$$\operatorname{sgn} y |y|^m u_{xx} + u_{yy} = 0, \quad (m > 0)$$

обращающееся в нуль на бесконечности и удовлетворяющее крайевым условиям

$$\begin{aligned}u|_{y=0} &= 0 \text{ при } -\infty < x \leq 0, 1 < x < \infty, \\ u|_{\xi=0} &= \psi(\eta) \text{ при } 0 \leq \eta \leq 1,\end{aligned}$$

где $\psi(\eta)$ – имеет ограниченную первую производную, удовлетворяющую условию Гельдера с показателем δ , причем $\psi(0) = 0$.

Разрешимость поставленной задачи сводится к исследованию уравнения

$$(1 + \sin \pi\beta)\Phi(x) + \frac{\cos \pi\beta}{\pi} \int_0^1 \frac{\Phi(t)dt}{t-x} = (1-x)^{-2\beta}\psi_1(x),$$

где

$$\Phi(x) = (1-x)^{-2\beta} \int_0^x (x-t)^{-2\beta-1} \tau'(t) dt.$$

В работе показано, что $\psi_1(x) \in H^\alpha(0, 1)$, $\tau'(x) \in H^{\gamma-2\beta+1}$, где

$$\begin{aligned}\alpha &= \min\{\beta, \delta + \beta - 1\} > 0, \\ \gamma &= \min\{\alpha, \sigma\}, \sigma = \min\left\{\frac{1}{4}(1-2\beta), -\frac{1}{4} + \frac{5}{2}\beta\right\} > 0.\end{aligned}$$

¹Работа выполнена при поддержке аналитической ведомственной целевой программы "Развитие научного потенциала высшей школы (2009 - 2010 годы)" и Советом программы (Протокол № АХ - 23/11пр от 12 декабря 2008г.), мероприятие 2 (код проекта 3443)

ЛИТЕРАТУРА

1. *Смирнов М.М.* Уравнения смешанного типа. Учебное пособие для вузов. – М.: ВШ, 1985. 304с.

Нелокальные краевые задачи для линейных параболических уравнений с меняющимся направлением эволюции¹

Туласынов М.С.

МПТИ (ф) ЯГУ, Мирный

В параболических уравнениях с меняющимся направлением эволюции гладкость начальных и граничных данных полностью не обеспечивает принадлежность решения гильбертовским пространствам [1]. Применение теории интегральных уравнений дает возможность наряду с гладкостью данных задачи указать дополнительно необходимые и достаточные условия, обеспечивающие принадлежность решения таким пространствам. Более того, применением единого подхода для параболических уравнений с меняющимся направлением эволюции удается показать, что нецелый показатель гильбертовского пространства может существенно влиять как на количество условий разрешимости, так и на гладкость искомого решения параболического уравнения с меняющимся направлением эволюции.

Отметим, что аналогичные краевые задачи для параболических уравнений второго, четвертого и шестого порядков рассматривались в работах [1-3].

В докладе рассматриваются линейные параболические уравнения второго порядка с меняющимся направлением эволюции с нелокальными краевыми условиями. Результатом работы являются описание условий однозначной разрешимости (ортогональности) поставленных краевых задач в явном виде [4,5].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Терсенов, С.А.* Параболические уравнения с меняющимся направлением времени. / С.А. Терсенов. Новосибирск: Наука, 1985. – 105 с.

2. *Попов, С.В.* О гладкости решений параболических уравнений с меняющимся направлением эволюции /С.В. Попов // Доклады Академии Наук. –2005. – Т.400, №1. – С.29-31.

¹Работа выполнена при поддержке аналитической ведомственной целевой “Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)”, мероприятие 2 (код проекта 3443) 2009 г.

3. *Потапова, С.В.* Гёльдеровские классы решений параболических уравнений шестого порядка с меняющимся направлением эволюции / С.В. Потапова, С.В. Попов // Вестник Самарского университета. Самара. – 2007. Серия: естественнонаучная, – №6(56). – С.162-175.

4. *Туласынов, М.С.* Безусловная разрешимость краевых задач для параболических уравнений с меняющимся направлением времени / М.С. Туласынов // Мат. Заметки ЯГУ. – 2007. – Т. 14, №2 – С. 57-69.

5. *Туласынов, М.С.* Первая краевая задача для одного параболического уравнения с меняющимся направлением времени с полной матрицей условий склеивания / М.С. Туласынов // Вестник НГУ. Серия: Математика, механика, информатика. – 2009. – Т.9, №1. – С. 61–72.

Движение мелкой воды в ограниченной области

Уваровская М.И.

ИМИ ЯГУ, Якутск

Рассматривается задача о движении для нестационарных двумерных течений идеальной несжимаемой жидкости в широком, но мелком бассейне с непостоянной формой дна при более слабых ограничениях на гладкость начальных и граничных условиях. Доказывается существование и единственность обобщенного решения. Данная проблема исследована применением пространств Орлича, что позволяет несколько ослабить гладкость начальных и краевых условий.

Контактные параболические задачи для общих уравнений второго порядка¹

Шадрина А.И., Попов С.В.

ИМИ ЯГУ, Якутск

В работе устанавливается однозначная разрешимость краевых задач для параболического уравнения с меняющимся направлением времени, имеющего вид

$$g(x)u_t = a^2u_{xx} + bu_x, \quad (1)$$

¹Работа выполнена при поддержке аналитической ведомственной целевой программы “Развитие научного потенциала высшей школы (2009 – 2010 годы)” и Советом программы (Протокол №АХ-23\11 пр от 12 декабря 2008г.), мероприятие 2 (код проекта 3443)

где $g(x) = \text{sgn}(x - kt)$.

Решение уравнения ищется из пространства Гельдера $H_{x,t}^{p, \frac{p}{2}}(Q^\pm)$, $p = 2l + \gamma$, $0 < \gamma < 1$ удовлетворяющее начальным условиям

$$v(x, 0) = \varphi_1(x), x > 0 \quad v(x, T) = \varphi_2(x), x < kT, \quad (2)$$

и условиям склеивания

$$u(-kt, t) = u(+kt, t), \quad u_t(-kt, t) = u_x(+kt, t). \quad (3)$$

С помощью замены

$$u(x, t) = \exp\left[\mu y \frac{k}{2}|y| + t(\lambda + \mu k - \text{sgn} y \frac{k^2}{4})\right] \cdot w(y, t),$$

где $y = x - kt$, $\mu = -\frac{b}{2a^2}$, $\lambda = \text{sgn} y(c - \frac{b^2}{4a^2})$ вместо краевой задачи (1) - (3) получим уравнение

$$\text{sgn} y w_t = a^2 w_{yy}, \quad (4)$$

с начальными условиями

$$w(y, 0) = \psi_1(y), y > 0 \quad w(y, T) = \psi_2(y), y < kT. \quad (5)$$

и условиями склеивания

$$\begin{pmatrix} w(-0, t) \\ w_x(-0, t) \end{pmatrix} = \exp\left[(2\lambda + \frac{k^2}{2})t\right] \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -k & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} w(+0, t) \\ w_x(+0, t) \end{pmatrix}, \quad (6)$$

При выполнении условий

$$k \geq 0, 4c - \frac{b^2}{a^2} - k^2 \leq 0. \quad (7)$$

находимся в условиях леммы (см. [1, с.84]) для краевой задачи (4)-(6).

Теорема. Пусть $\varphi_1, \varphi_2 \in H^p$, $p = 2l + \gamma$ и выполнены (7). Тогда при выполнении $2l$ условий

$$L_s(\varphi_1, \varphi_2) = 0, s = 1, 2, \dots, 2l$$

существует единственное решение уравнения (1), удовлетворяющее условиям (2), (3) из пространства

1. $H_{x,t}^{p, \frac{p}{2}}$, если $0 < \gamma < \frac{1}{2}$;
2. $H_{x,t}^{q, \frac{q}{2}}$, $q = 2l + \frac{1}{2}$, если $\frac{1}{2} < \gamma < 1$;

3. $H_{xt}^{q-\varepsilon, \frac{(q-\varepsilon)}{2}}$, $\gamma = \frac{1}{2}$, где ε – сколь угодно малая положительная постоянная.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Туласынов М.С.* Корректность краевых задач для сингулярных параболических уравнений с меняющимся направлением эволюции: Дисс. канд. физ.-мат. наук:01.01.02. Якутск, 2008. 99 с.

Об одной задаче для уравнения параболического типа с разрывными коэффициентами¹

Шарин Е.Ф.

ИМИ ЯГУ, Якутск

В работе рассматривается случай односторонних спутных потоков, на границе раздела которых выполняются общие условия согласования.

Пусть $D = \Omega \times (0, T)$, где либо Ω область в R , либо $\Omega \equiv R$, причем $0 \in \Omega$. В области D рассмотрим уравнение

$$f(x)u_t = u_{xx} + b(x, t)u_x + c(x, t)u + d(x, t). \quad (1)$$

Пусть в уравнении (1) функция $f(x) > 0$ и терпит разрыв в точке 0. Решение уравнения (1) в классе ограниченных функций будет единственным при выполнении начальных условий

$$u(x, 0) = u_0(x) (x \in \Omega^+), \quad u(x, 0) = u_1(x) (x \in \Omega^-), \quad (2)$$

и условий непрерывности производных до 1-го порядка. В работе будет рассматриваться общий случай сопряжения потоков

$$\begin{pmatrix} u(+0, t) \\ u_x(+0, t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} u(-0, t) \\ u_x(-0, t) \end{pmatrix}, \quad (3)$$

где a_{ij} – элементы невырожденной матрицы.

Методом параболических потенциалов простого слоя с неизвестными плотностями α , β построенных при помощи фундаментального решения краевая задача (1) – (3) приводится к решению системы двух уравнений.

¹Работа выполнена при поддержке аналитической ведомственной целевой программы “Развитие научного потенциала высшей школы (2009 – 2010 годы)” и Советом программы (Протокол №АХ-23\11 пр от 12 декабря 2008г.), мероприятие 2 (код проекта 3443)

Если решение поставленной задачи разыскивать из пространства Гельдера $H_{x,t}^{p,p/2}$, $p = 2l + \gamma$, $0 < \gamma < 1$, $l \geq 1$, то для однозначной разрешимости краевой задачи (1) – (3), необходимо и достаточно, в зависимости от элементов a_{ij} матрицы условий сопряжения, выполнение $[p] + 1$ или $[p]$ условий на данные задачи вида:

$$L_s(\varphi_1, \varphi_2) = 0, \quad s = 1, \dots, [p] + 1, \quad (4)$$

где L_s – интегральные операторы от функций u_0, u_1 .

Секция 4. Вычислительные и информационные технологии

Реализация алгоритма дискретного вейвлет-преобразования с применением искусственных нейронных сетей

Болдырев С.В.

Ставропольский государственный университет, Ставрополь

Вейвлет-преобразование сигнала состоит в его разложении по базису, сконструированному из импульса или группы импульсов посредством масштабных изменений и сдвигов по временной оси [1]. Каждая функция этого базиса характеризуется локализациями в частотной и временной областях, вследствие чего вейвлет-преобразование формирует двумерную характеристику сигнала. При этом частота и временная позиция импульса рассматриваются как независимые переменные. Для дискретных сигналов эффективно использование алгоритма быстрого вейвлет-преобразования (Fast Wavelet Transform). Оно реализуется основанный на фильтрации итерационный алгоритм. Алгоритмы быстрого вейвлет-преобразования имеют выраженную многослойную структуру, подобную структуре многослойных перцептронов, поэтому возможно построение нейронных сетей с использованием принципов быстрого вейвлет-преобразования. Для этого в операциях преобразования необходимо заменить коэффициенты преобразования перестраиваемыми синаптическими весами и добавить нелинейные функции активации. Обобщенное спектральное преобразование можно рассматривать как нейронную сеть с линейными функциями активации. При этом [1] возможно использование так называемых быстрых (ядерных) нейронных сетей.

Быстрые нейронные сети представляют собой вариант многослойных сетей, поэтому для их обучения могут быть использованы градиентные методы типа обратного распространения ошибки. Частным случаем быстрых нейронных сетей являются быстрые перестраиваемые линейные преобразования. От нейронных сетей они отличаются линейными функциями активации и отсутствием смещений. Ортогональные перестраиваемые преобразования с различной топологией традиционно используются для построения спектральных преобразований. В терминах перестраиваемых преобразований процедура обучения называется настройкой. Типичной задачей для перестраиваемого преобразования является настройка на заданную систему базисных

функций. В построении быстрых нейронных сетей допускается многомерное обобщение, что с имеющимся высоким быстродействием способствует их использованию для построения классификаторов зрительных сцен. Идеология быстрых нейронных сетей основана на представлении структуры алгоритма нейрообработки в виде слабосвязанного многослойного графа. Каждая вершина графа называется нейронным [2] ядром, и определяет базовую операцию над векторной компонентой.

Поскольку вейвлет-преобразование является линейным, то все функции активации являются линейными функциями с единичной передачей и нулевым смещением аргумента. В общем случае базовая операция нейронного ядра задается матрицей размерности $p_i \times p_i$ (синаптической картой нейронного ядра). Особенностью структурной модели быстрых нейронных сетей является отсутствие параллельных путей между вершинами графа. Это свойство позволяет представить преобразование данных как совокупность преобразований векторных компонент вдоль путей, связывающих вершины терминальных слоев сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: Основы теории и примеры применения. // Успехи физических наук, 1996, т.166, № 11.
2. Дорогов А.Ю. Структурный синтез быстрых нейронных сетей. Нейрокомпьютер, №1. 1999.

Индукцированные токи в трубопроводе¹

Григорьев Ю.М., Орлова М.Н.

ФТИ ЯГУ, НИИМ при ЯГУ, Якутск

Магистральные объекты включают в себя трубопроводы, линии электропередач и кабельные линии. С физической точки зрения они представляют собой длинные проводящие линии, находящиеся вблизи слоистого диэлектрика и подверженные электрическим наводкам, как во время гроз, так и во время геомагнитных возмущений. Наведенные потенциал и токи приводят к авариям. В трубопроводах эти токи вызывают потенциалы, приводящие к электрохимической коррозии. Отметим что, в Якутии трубопроводы на значительных протяжениях проложены в многолетней мерзлоте на определенной глубине.

В работах авторов на основе системы телеграфных уравнений разработаны математические модели грозовых перенапряжений в магистральных линиях при наличии многолетней мерзлоты. В 2001-08 гг.

¹Работа поддержана по грантом № 09-05-98540 конкурса РФФИ-Восток., проект-том № РНП.2.1.1/2555 АВЦП

совместно с лабораторией РИМ ИКФИА СО РАН и кафедрой теоретической физики ФТИ ЯГУ выполнены косвенные измерения токов на магистральных трубопроводах (нефтепроводе, вблизи г. Мирного и газопроводе около г. Якутска), наведенных ближними грозовыми разрядами. В качестве датчиков использованы магнитные рамочные антенны. Кроме этого проведены аналогичные измерения при большой магнитной буре 21.01.05.

В данной работе приводятся результаты математической обработки данных натурных измерений. Была поставлена задача восстановления формы импульса тока в трубопроводе по измеренным значениям напряжений на входе АЦП использованного измерительного комплекса. Для этого выполнено численное интегрирование этих данных. Всего обработаны результаты 30 натурных измерений, получены формы и величины импульсов тока, наведенных в трубопроводе. Выяснено, что в 6 случаях из них сработала система ограничения величины подаваемого напряжения на АЦП. Результаты показывают, длительность импульсов тока составляет около 800 мкс, максимальная величина тока в трубопроводе могла достичь порядка 10 ампер.

По полученным данным проведена адаптация параметров математической модели ВТН. Показано, что разработанная модель адекватно описывает результаты, полученные обработкой натурных данных.

Разработка системы тестирования CS Test (Computer Science Test)

Иванов В.В.

ИМИ ЯГУ, Якутск

Проверка знаний является заключительной частью учебного материала, на основе которого выставляются оценки. Считается, что оценка – численно выраженное мнение преподавателя или другого проверяющего лица об уровне знаний ученика или качестве выполненной им работы.

Традиционным способом оценивания знаний учащегося является экзамен. Экзамен в традиционном своем варианте представляет собой выбор одного билета из некоторого количества. Тестирование является альтернативой экзамену, которое имеет свои положительные и отрицательные черты. В отличие от вытягивания билета, тест охватывает весь материал.

Цель работы: разработать систему тестирования, способную объективно и максимально точно определить уровень знаний учащихся.

Перед началом тестирования в системе CS Test, преподаватель должен выдать каждому из обучающихся логин и пароль для входа в си-

стему. Логин и пароль являются одноразовыми и предназначены для одной работы, что создает жесткие условия, при которых тестируемые не могут запомнить и узнать ответы на все вопросы и создать справочник с готовыми ответами. Тест состоит из набора открытых и закрытых вопросов. Каждый открытый вопрос может иметь один или несколько правильных ответов. Результат теста выдается лишь по окончании теста.

Система CS Test реализована на языке PHP5, для хранения данных используется открытая СУБД MySQL 5. Код программы полностью скрыт благодаря технологии клиент-сервер. Пользователю видна лишь информация, необходимая для прохождения теста. Загрузка тестов на сервер производится путем загрузки XML файла. XML файл по своей структуре не сложен и удобен в редактировании. Регистрация тестируемых также производится путем загрузки XML файла, а логин и пароль программа сгенерирует и выдаст на экран, текст которого можно будет либо распечатать, либо сохранить в память компьютера.

Существует уже ряд готовых систем данного класса программ, но практически все из доступных и бесплатных программ не предусматривают полную безопасность, т.е. база данных тестов хранится на клиентском компьютере, что подвергает риску кражи информации.

Стоит отметить схожесть системы CS Test с системой fero.ru, но она не настолько доступна, чтобы использовать ее интенсивно для определенной дисциплины.

Разработка методики использования специализированного пакета Mathcad в образовательном процессе¹

Иванова Н.А., Николаева Е.Т., Тимофеев Н.Э., Яковлев Б.В.

ФТИ ЯГУ, Якутск

Проект включает изучение специализированного пакета программ Mathcad и разработку методики использования этого пакета в образовательном процессе.

Цель проекта – создание и внедрение эффективной методики использования пакета компьютерных программ интегрированной системы символьной математики (ИССМ) "Mathcad" при изучении физико-математических дисциплин в ВУЗе. Задачи проекта: - разработка методик использования программных средств Mathcad на лекционных и

¹Проект поддержан грантом Аналитической ведомственной целевой программы "Развитие научного потенциала высшей школы" Министерства образования и науки РФ (Пер. № 3.2.3/3986).

практических занятиях, во время самостоятельной работы студентов (СРС); - разработка электронного образовательного ресурса по дисциплинам “Теоретическая механика”, “Электродинамика”; - практическая апробация методик.

В настоящее время имеются все предпосылки для использования пакетов символьной математики в учебном процессе (персональные компьютеры, компьютерные классы, компьютерные демонстрационные комплексы, популярное среди студентов и преподавателей программное обеспечение), но отсутствует методика их эффективного использования по дисциплинам в учебном процессе. Кроме этого, согласно новым ГОС в вузах больше времени уделяется СРС, что также требует эффективного использования новых компьютерных технологий. Этим объясняется актуальность темы проекта.

Работа предполагает изучение математических, графических и анимационных возможностей специализированного компьютерного пакета Mathcad; - подготовку компьютерных демонстрационных материалов для лекционных и практических занятий с использованием графических и анимационных средств этого пакета; - разработку электронных лабораторных работ для СРС и тестов для проверки знаний по физико-математическим дисциплинам; - подготовку дидактических материалов по этим дисциплинам; - использование методик при выполнении курсовых и дипломных проектов студентами ФТИ ЯГУ; - практическую апробацию разработанных методик при преподавании программирования, основных дисциплин общей и теоретической физики для студентов ЯГУ.

Будет проведено исследование эффективности предлагаемых методик использования компьютерных ресурсов для студентов ФТИ ЯГУ по дисциплинам: “Механика”, “Механика сплошных сред”, “Методы математической физики”, “Электродинамика”, “Электродинамика сплошных сред”, по спецкурсам: “Математические методы в теоретической физике”, “Методы решения электронно-оптических систем”. Также будет проведено сравнение и анализ результатов исследования с классическими методами преподавания. Планируется внедрение разработанной методики в учебный процесс при изучении методов математической физики и электродинамики, квантовой теории, дисциплин общей физики. По материалам исследований будут подготовлены курсовые и дипломные работы студентов, кандидатские диссертации аспирантов.

Модель плазменной оболочки пульсара

Кириллин Р.А., Ромащенко Ю.А.

ФТИ ЯГУ, Якутск

При исследовании процессов во время солнечных вспышек или во время взрывной стадии суббури приходится сталкиваться с задачами о равновесных и неравновесных конфигурациях замагниченной плазмы. Подобного рода задачи исследовались на заре разработок по термоядерному синтезу.

В настоящий момент интерес к ним снова возрос в связи с космо- и астрофизическими проблемами. Одним из астрофизических объектов является пульсар.

Пульсар – чрезвычайно компактный объект, с магнитным полем, которое у него осталось от материнской звезды. Это магнитное поле в большинстве наблюдаемых случаев можно аппроксимировать как поле магнитного диполя. Кроме этого, судя по синхротронному излучению можно считать, что пульсар имеет плазменную оболочку.

Поскольку вращающийся пульсар представляет собой нестационарный объект, то в общем случае решение задачи системы магнитное поле – замагниченная плазма весьма затруднительно. Но если за период обращения пульсара вокруг своей оси потеря энергии на излучение по сравнению с энергией всей системы будет мало, то в первом приближении можно воспользоваться простейшей моделью: стационарное равновесное состояние плазмы в поле магнитного диполя.

Задача серьезно упрощается, если принять, что такая система обладает аксиальной симметрией. Также к упрощению введет предположение о том, что плазма имеет большую температуру и обладает большим диамагнитным эффектом. В этом случае можно будет считать, что магнитное поле не проникает внутрь плазменной коверны и на границе ее плазменное давление P уравнивается магнитным давлением $B^2/8\pi$. При этом магнитное поле будет являться суммой поля диполя и поля поверхностных токов, текущих по оболочке.

Задача сводится к решению системы интегральных уравнений Вальтера I рода. Численное решение проводится методом градиентного спуска для функционала общего магнитного потока и магнитного давления по неизвестной границе плазменной оболочки.

Моделирование рабочей области плоских механизмов с параллельной кинематикой

Клеветов Д.В.

*Ковровская государственная технологическая академия
им. В.А. Дегтярева, Ковров*

Сам процесс математического моделирования позволяет пользователю прочувствовать моделируемый процесс, увидеть его изнутри и определить его суть. Изучение возможного расположения геометрического места точек или рабочего пространства механизмов с параллельной кинематикой очень важно на стадии проектирования. Именно на начальной стадии проектировщик может визуально оценить возможности проектируемого механизма и исправить недостатки.

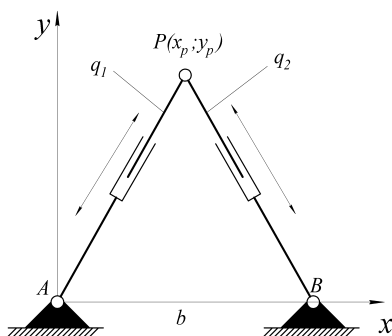


Рис. 1: Пример плоского механизма с параллельной кинематикой

В [1] описан существующий инструмент, который позволяет отображать рабочую область описанных выше конструкций (см. рис. 1). Инструмент был создан в среде MATLAB-GUI. Входными параметрами являются: минимально и максимального значений длин рабочих цилиндров (ход поршней q_1 , q_2) и расстояния между закрепленными концами рабочих цилиндров (b).

Решаемая задача полностью совпадает с постановкой проблем в решении плоской дальноточной [2] навигационной задачи. Идентичность решаемых проблем дает нам право использовать разработанный алгоритм² визуализации [3,4] для задачи навигации применительно к те-

²Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 05-08-50076)

рии определения рабочей области представленного (см. рис. 1) плоского механизма с параллельной кинематикой.

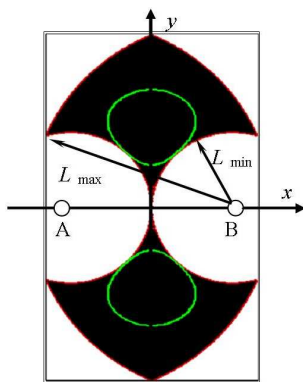


Рис. 2: Пример плоского механизма с параллельной кинематикой

Как и в [1], в представленном алгоритме [5] необходимо задание определенного набора входных параметров: минимально и максимального значений длин рабочих цилиндров (ход поршней q_1, q_2) и расстояния между закрепленными концами рабочих цилиндров (b), тогда на экране компьютера будет отображаться рабочая область. Алгоритм визуализации дополнительно имеет возможность отображения области (см. рис. 2), в которой предстоит перемещать заготовку (деталь) (на рис. 1. т.). Это возможно благодаря заданию длин рабочих цилиндров и размера их хода.

Так же одним из преимуществ нового способа визуализации является то, что он был создан в среде MathCAD, что является более “легкой” по сравнению со средой MATLAB-GUI разработки. При этом разработчику-проектировщику системы представлен полностью математический алгоритм решения.

Одним из основных преимуществ механизмов с параллельной кинематикой является их высокая скорость работы. Поэтому вопрос изучения рабочей области является весьма актуальным.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Sergiu-Dan Stan, Vistrian Matie, Radu Balan* Optimal Design of Parallel Kinematics Machines with 2 Degrees of Freedom // I. Huapeng

Wu. Parallel Manipulators, Towards New Applications. // Austria: Croatia, 2008. – P. 308-311.

2. *Агеев М.Д.* Автономные подводные роботы: системы и технологии [Текст] / М.Д. Агеев // –М.: Наука, 2005. – С. 114-117.

3. *Барабанова Л.П.*, Изображение апостериорной неопределенности в дальномерной навигации [Текст] /Л.П. Барабанова, Д.В. Клеветов, А.А. Клычев // Гироскопия и навигация. – 2006. – №2(53). – С. 98.

4. *Клеветов Д.В.* Исследование задачи дальномерной навигации [Текст] /Д.В. Клеветов, О.О. Барабанов, Л.П. Барабанова // “МИКМУС-2007” избранные труды конференции. – М.: ИМАШ РАН, 2007. – С. 50-56.

5. *Клеветов Д.В.* Дальномерная навигационная задача с измерением эффективной скорости сигнала [Текст] /Д.В. Клеветов, О.О. Барабанов // Известия ОрелГТУ. Серия: Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – Орел: ОрелГТУ, 2008. – №2-2/270(545). – С. 67-69.

Разработка корпоративного Web-сайта с применением мультимедиа технологий

Лукачевская П.И.

ИМИ ЯГУ, Якутск

Сегодня на повестку дня поставлены задачи динамического обмена информацией между пользователями Web-сайтов и их хозяевами (администраторами, модераторами и т.д.). Для поддержки динамики Web-страниц в последние годы широко применяют мультимедиа технологии, например такие как: Flash, JavaFX, AJAX [1].

Меняют свое отношение к методам обработки информации с помощью Web-приложений и представители деловой сферы. Разработка и функционирование информационных систем все больше отклоняется в сторону использования возможностей глобальной сети Интернет. Возникают новые задачи для корпораций, которые проще решить на базе применения Web-общения с клиентами. В частности, в последнее время внимание бизнес-аналитиков привлекает проблема систематизации сбора рекламаций клиентов, проще говоря, проблема управления жалобами клиентов (Customer Complaints Management - ССМ). Качество услуг ставится в один ряд с качеством производимого товара, а это требует разработки новых подходов в работе с клиентами, что определяет актуальность темы.

Исследование теоретического материала показало, что концепция ССМ вполне разрешима в рамках CRM-системы, с помощью которой автоматизируется взаимодействие между клиентами и компанией (B2C), и которая предназначена для повышения качества обслуживания клиентов. Однако в задачи этой системы не входило до последнего времени управление жалобами клиентов. Чтобы восполнить этот недостаток вполне разумно добавить отдельный дополнительный модуль автоматизирующий услугу обслуживания рекламаций клиентов.

Практический смысл системы customer complaints management (ССМ) может быть выражен в двух аспектах [2]:

- компания готова уладить любой конфликт с потребителем, сделав это оперативно и с большим вниманием;
- выявление “слабых звеньев” в производстве, логистике и других внутренних процессах компании.

Сами по себе системы ССМ являются на рынке программных продуктов совершенно новыми. В настоящее время идет процесс стандартизации принципов разработки систем ССМ.

Для решения задачи разработки корпоративного Web-сайта отражающего концепцию ССМ (ССМ-системы) наиболее эффективным, на наш взгляд, является применение мультимедиа технологий, так как позволяют организовать удобный, понятный и эргономичный пользовательский интерфейс.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Якобсен Й.* Концепция разработки Web-сайтов: как успешно разработать Web-сайт с применением мультимедиа-технологий – Издательство: НТ Пресс, 2006. - 512 с.
2. *Бернхард Хаас, Беттина фон Трошке.* Управление жалобами: как с помощью жалоб клиентов увеличить объем продаж // Система и стратегия работы с жалобами – Издательство: SmartBook, 2008 г.

Выбор технологии создания web-ресурсов

Налыяхов Н.И.

ИМИ ЯГУ, Якутск

Главной проблемой развития северных территорий является их отдаленность и слабое развитие коммуникаций. Использование сети Internet и web-технологий как нигде лучше подходит для северных территорий. Интернет охватывает весь земной шар, появляется возможность обмениваться сообщениями за считанные доли секунды. Это поз-

воляет наиболее эффективно связывать отдаленные населенные пункты и делает их коммуникацию наиболее быстрой и не требующей больших затрат.

Если вы следили некоторое время за интернетом, вы, вероятно, заметили, что он изменяется. Когда интернет впервые вошел в общественное сознание, он был способом размещения документов. Эти документы было достаточно легко создавать. Любой за выходные с помощью текстового редактора мог создать web-страницу. В наши дни интернет является намного более сложной структурой, чем тогда. Сайты теперь не являются просто документами, они являются приложениями.

Сейчас это актуально по всему миру, происходит активный переход от статичных сайтов к динамичным движкам. У людей появляется возможность становиться участниками сообществ, оставлять свой след в паутине, заказывать товары и узнавать самые свежие новости, вне зависимости от того, где они находятся. Успешная организация коммуникации зависит от выбора технологии разработки порталов.

На данный момент существует множество технологий создания web-приложений, они развиваются и конкурируют друг с другом [1–3]. Одними из самых популярных являются средства, позволяющие отделить задачи web-дизайна от задач, связанных с реализацией функциональности приложений.

Первой из таких технологий стала Active Server Pages (ASP), построенная на основе ISAPI-фильтра. Основная идея ASP заключается в создании Web-страниц с внедренными в них фрагментами кода на скриптовых языках. Фрагменты кода интерпретируются не браузером, а сервером (точнее, предназначенной для этого ISAPI-библиотекой), и результат выполнения этих фрагментов кода замещает сам фрагмент кода в той версии страницы, которая передается в пользовательский браузер. Вскоре после ASP появились и другие технологии, реализующие идею размещения внутри Web-страницы кода, выполняемого web-сервером. Наиболее известной из них сегодня является технология JSP (Java Server Pages), основная идея которой — однократная компиляция Java-кода (сервлета) при первом обращении к нему, выполнение методов этого сервлета и помещение результатов выполнения этих методов в набор данных, отправляемых в браузер. Еще одной популярной технологией подобного типа является PHP (Personal Home Pages), которая использует CGI-приложения, интерпретирующие внедренный в HTML-страницу код на скриптовом языке.

Каждая из этих технологий лучше справляется с определенным типом задач, так, PHP подходит для создания небольших страничек, а JSP и ASP больше подходят для больших корпоративных порта-

лов. Как мне кажется, главным отличием этих технологий является идеология разработки. Это означает, что главным фактором в выборе технологии разработки является не производительность конечного продукта, а совокупность скорости разработки и стоимости продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Рихтер Д.* Программирование на платформе Microsoft .NET Framework -М.: Русская Редакция, 2003.
2. *Джонсон Б., Скибо К., Янг М.* Основы Microsoft Visual Studio .NET, -М.: Русская редакция, 2003.
3. *Брюс У. Перри, Java сервлеты и JSP. Сборник рецептов.* -М.: Кудинц-образ, 2006.

Электростатические характеристики конусообразного пучка заряженных частиц¹

Никифорова Л.В., Яковлев Б.В.

ФТИ ЯГУ, Якутск

В связи развитием нанотехнологии в настоящее время стала актуальной проблема разработки и проектирования источников заряженных частиц на основе полевой электронной и ионной эмиссии. Эти источники отличаются высокой плотностью тока, яркостью и монохромностью, что позволяет их широко использовать для создания нанопленок, тонких слоев, а также в ионной литографии и имплантации, которые применяются в микроэлектронике, в частности, в создании микросхем.

Хотя эти источники нашли широкое применение, до сих пор недостаточно разработана теория полевых источников заряженных частиц. Это связано тем, что в очень малой области порядка 10^{-7} м. происходят сложные электро-гидро-термодинамические процессы, физическая модель которых не разработано. Одной из проблем расчета характеристик источника заряженных частиц является учет пространственного заряда пучка.

Во внешнем электрическом поле при очень высоких напряженностях электрического поля порядка 10^8 В/м с поверхности металла происходит полевая электронная эмиссия (или автоэлектронная эмиссия).

¹Работа выполнена при поддержке аналитической ведомственной целевой программы "Развитие научного потенциала высшей школы (2009 – 2010 годы)" и Советом программы (Протокол №АХ-23\11 пр от 12 декабря 2008г.), мероприятие 2 (код проекта 3443)

Это явление известно из давних времен, но теория этой электронной эмиссии была разработана в 30-е г. 20-го столетия после создания квантовой механики Фаулером и Нордгеймом на основе квантовомеханического метода ВКБ [1]. Теория достаточно хорошо описывает экспериментальные данные, но при режиме отбора больших токов наблюдается некоторое расхождение теории с экспериментом. Большинство специалистов это расхождение связывают с влиянием пространственного заряда пучка источника [2,3].

Полевой электронный катод представляет собой микроострие с радиусом кривизны 1 мкм. Поэтому плотность тока источника очень высокая порядка 10^7 А/см².

В настоящей работе полевой электронный катод моделируется сферой радиуса r_0 , анод сферой радиуса R [4]. Имеется пучок заряженных частиц с плотностью распределения $\rho = \rho_0 \frac{r_0^3}{r^3}$, где r - сферические координаты с углом раствора $\theta = \theta_0$ внутри сферического диода.

Необходимо найти угловое распределение потенциала системы с таким распределением заряда пучка. Задача имеет аксиальную симметрию.

Распределение потенциала выраженное через сферические функции имеет вид:

$$\begin{aligned} \varphi(r, \theta) = & \frac{2\pi\rho_0 r_0}{r} \left\{ (1 - \cos\theta_0) \left[\ln \left| \frac{r}{r_0} \right| + \left(1 - \frac{r}{R} \right) \right] \right\} + \\ & + \sum_{l=1}^{\infty} P_l(\cos\theta) \int_{\cos\theta}^1 P_l(x) dx \left[\frac{1}{l} \left(1 - \left(\frac{r_0}{r} \right)^l \right) + \right. \\ & \left. + \frac{1}{l+1} \left(1 - \left(\frac{r}{R} \right)^{l+1} \right) \right], \end{aligned} \quad (1)$$

где $P_l(x)$ - полиномы Лежандра, а первое слагаемое есть нулевой член ряда.

В настоящей работе получено аналитическое решение данной задачи, найденное методом Фурье с использованием условия сшивания на границе пучок-вакуум [4].

Внутри пучка потенциал должен удовлетворять уравнению Пуассона $\Delta\varphi = -4\pi\rho_0 \frac{r_0^3}{r^3}$.

Вне пучка уравнение Лапласа $\Delta\varphi = 0$. Решение ищется в виде $\varphi = \Phi(r)\Psi(\theta)$.

Условие сшивания на границе пучок-вакуум дается соотношением:

$$\varphi_1|_{\theta=\theta_0} = \varphi_2|_{\theta=\theta_0}, \quad \left. \frac{\partial \varphi_1}{\partial \theta} \right|_{\theta=\theta_0} = \left. \frac{\partial \varphi_2}{\partial \theta} \right|_{\theta=\theta_0}. \quad (2)$$

Найденное решение имеет вид:

Вне пучка

$$\varphi_2(\theta) = \left(\frac{a_2}{r_1^2} + b_2 \right) (\cos \theta + c(1 - \cos \theta \operatorname{arth}(\cos \theta)) + d_2) + \frac{e_2}{r_1} \ln \left| \frac{1 - \cos \theta}{\sin \theta} \right|. \quad (3)$$

Внутри пучка общее решение неоднородного уравнения состоит из суммы общего решения однородного уравнения (уравнения Лапласа) и частного решения уравнения Пуассона:

$$\varphi_1(\theta) = \left(\frac{a_1}{r_1^2} + b_1 r \right) (\cos \theta + d_1) - \frac{4\pi \rho_0 r_0^3}{r_1} \left(\ln \left| \frac{1 - \cos \theta}{\sin^2 \theta} \right| + n \right), \quad (4)$$

где a_1 , a_2 , b_1 , b_2 , c , d_1 , d_2 , e_2 , n – постоянные интегрирования, которые определяются из граничных условий и непрерывностью потенциала.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Fowler R. H., Nordheim L. W.* Electron emission in intense electric field // Proc. Roy.Soc. (London). A 119, № 781, 1928, С 173 –181.
2. *Modinos A.* Field thermoionic and secondary electron emission spectroscopy. New. Jort : Plemim Press. 1984. 375.
3. *Dyke W.R., Trolan J.K.* Field emission: Large current densites, space charge and the vacuum arc // Phys. Rev. 89, №4, 1953, С. 799 – 807.
4. *Егоров Н.В., Яковлев Б.В.* Расчет характеристик сферического полевого диода с магнитной фокусировкой электронного пучка // Ж. “Поверхность” 2000, №4, С.193-196.

Особенности моделирования главных балансиров механизмов передвижения при анализе напряженно-деформированного состояния металлоконструкций тяжелых козловых кранов методом конечных элементов

Сапьянов В.Ю.

*Балаковский институт техники, технологии и управления
Саратовского государственного технического университета,
Саратов*

Необходимость в весовом совершенствовании металлоконструкций современных подъемно-транспортных машин все больше требует использования методов оптимального проектирования. Однако оптимизация зачастую выполняется только для отдельных элементов, что может сказаться на общей картине напряженно-деформированного состояния (НДС).

В настоящее время практически нельзя себе представить оптимального проектирования металлоконструкции без использования численных методов строительной механики, в частности метода конечных элементов (МКЭ). Данный метод породил целую гамму различных расчетных комплексов, многие из которых активно применяются при проектировании изделий машиностроения.

Тяжелые козловые краны в расчетном смысле представляют из себя сложную пространственную многократно статически неопределимую конструкцию [1,2], причем расчет ее при помощи МКЭ позволяет использовать стержневую аппроксимацию элементов. Однако, заменять стержнями такие элементы металлоконструкции как главные балансиры механизмов передвижения нельзя вследствие их небольшой протяженности относительно измерений поперечного сечения.

Таким образом, для адекватного анализа НДС металлоконструкций тяжелых козловых кранов необходим учет жесткости главных балансиров механизмов передвижения. Задачу это предлагается решать путем замены балансиров стержнями равной им жесткости [1,2].

Для определения влияния жесткости балансиров на общую картину НДС крана К2х180/50+10, установленного на Саратовской ГЭС, был проведен ряд численных опытов с привлечением комплекса АРМ WinMachine. В результате проведенных исследования был составлен график зависимости величины максимальных эквивалентных напряжений в металлоконструкции от жесткости главных балансиров механизма передвижения рис. 1.

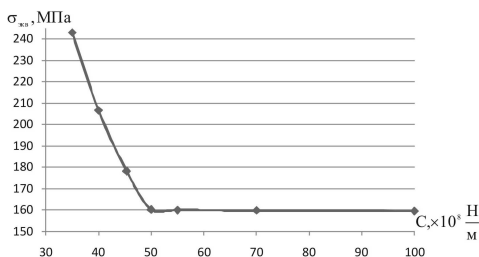


Рис. 1: График зависимости величины максимальных эквивалентных напряжений в металлоконструкции от жесткости главных балансиров механизма передвижения

Как можно увидеть из анализа приведенного графика, существует область значений жесткостей, при которой балансиры практически не оказывают влияния на НДС, однако, при жесткостях главных балансиров менее $50 \times 10^8 \text{ Н/м}$, происходит достаточно резкое возрастание величин эквивалентных напряжений.

Из всего приведенного выше можно сделать вывод о несомненной важности учета жесткости главных балансиров механизмов передвижения тяжелых козловых кранов при анализе НДС их металлоконструкций при помощи МКЭ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сапьянов В.Ю. Выбор оптимальных схем металлоконструкций тяжелых козловых кранов: Автореф. дис.канд.техн.наук / ОрёлГТУ, Орёл: – 2008. –20с.
2. Сапьянов В.Ю. Выбор оптимальных схем металлоконструкций тяжелых козловых кранов: Дисс. канд. техн. Наук/ СГТУ, Саратов:– 2008. – 161 с

Определения истинного положения дефектов естественного кристалла алмаза

Слепцов И.С., Сивцев В.И.

ФТИ ЯГУ, Якутск

Основной целью работы разметчика является определение истинных положений внутренних дефектов естественного кристалла алмаза. Однако, из-за большого показателя преломления алмаза ($n=2.41$) эта

задача сильно затруднена, ибо один и тот же дефект может имитировать кажущееся наличие нескольких дефектов, ни один из которых на самом деле не совпадает с истинным его положением. Обучение разметчика этой процедуре производится индивидуально опытным разметчиком на примере большого набора естественных кристаллов алмаза. Оно является длительным и дорогостоящим.

На основе созданного программного продукта “Моделирование внутренних дефектов природного алмаза”[1] создано виртуальная лабораторная работа, для определения истинных координат дефекта по их видимым положениям. При этом трещины, облака и отрицательные вершины моделируются оконтуриванием (расположением нескольких дефектов по контуру). Лабораторная работа имеет три упражнения, первое определение истинного положения дефекта в чистом кристалле, второе когда одна сторона кристалла не прозрачна и третье когда в кристалле только одна сторона прозрачна.

Лабораторная работа написана в среде визуального программирования Borland Delphi 6, имеет удобный и понятный интерфейс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев Ю.М., Наумов В.В., Муксунов И.Х., Слободчиков П.А., Свицев В.И. Моделирование внутренних дефектов природного алмаза.

Использование данных дистанционного зондирования Земли в управлении регионом

Смирнова Е.В.

НП “Прозрачный мир”, Москва

Важнейшие качества данных для управления регионом – актуальность, полнота и объективность. Всеми этими качествами обладают данные дистанционного зондирования Земли или изображения Земли из космоса. С развитием компьютерных технологий и широким распространением географических информационных систем использование космической информации стало развиваться с небывалой скоростью.

Использование изображений Земли из космоса возможно в различных целях: в климатологии, в сельском хозяйстве, при поиске месторождений полезных ископаемых, в землепользовании, при наблюдении

за прибрежными зонами морей и океанов, в лесной отрасли, при контроле над водными ресурсами, для предупреждения, контроля и оценки последствий таких чрезвычайных ситуаций как наводнения, землетрясения, пожары (рис. 1), аварии на промышленных предприятиях, при исследовании и решении экологических проблем.

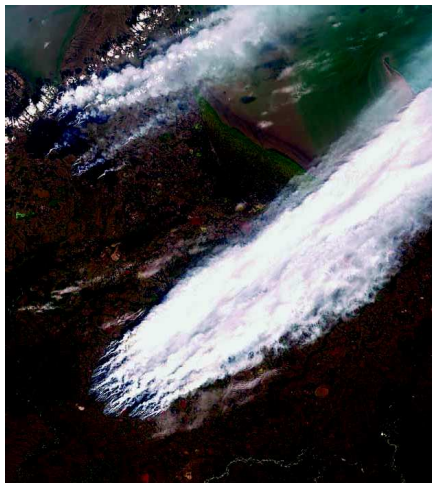


Рис. 1: Лесные пожары. Анадырь, Россия

К основным достоинствам космических снимков для целей управления можно отнести следующие:

1. актуальность и достоверность – современные снимки отражают реальное, не подлежащее корректировке состояние территории или акватории на момент съемки;

2. сезонность – в ряде случаев важно иметь снимки соответствующего сезона;

3. возможность использования данных разного пространственного разрешения (от нескольких километров до десятков сантиметров) для решения различных задач;

4. использование снимков высокого пространственно разрешения позволяет детально изучить необходимые участки;

5. возможность использования данных разных типов – снимков, полученных в разных диапазонах электромагнитного спектра. Например,

для изучения рельефа территории значительный интерес представляют радиолокационные данные;

6. при наличии цифровой модели и космического снимка на какую-либо территорию можно создать 3D-модель местности.

Статистический анализ временных задержек молния-спрайт

Тарабукина Л.Д.

ФТИ ЯГУ, Якутск

Одной из разновидностей разрядов между облаком и нижними слоями ионосферы является спрайт, с высотой появления 40 – 90 км над землей и сопровождающийся видимым красным свечением. Он играет важную роль в глобальной электрической цепи и химическом составе атмосферы. Наиболее согласованной с наблюдениями гипотезой возникновения высотных разрядов является теория пробоя на убегающих электронах – явление лавинообразного размножения электронов в веществе [1]. Эта модель успешно объяснила такие необычные условия возникновения разряда как большая разность высот и недостаточная напряженность поля. Затравочными частицами такого пробоя могут являться вторичные электроны от космических лучей. Из исследований принято считать положительный молниевый разряд “облако-земля” провоцирующим для спрайта, что согласуется с теорией пробоя на убегающих электронах. Свойства спрайтов можно исследовать по порожденным ими КНЧ радиоимпульсам, распространяющимся в атмосфере. В исследованиях лаборатории РИМ ИКФИА СО РАН по данным однопунктового грозопеленгатора было получено распределение положительных разрядов “облако-земля” по территории Якутии, где выделяются очаги с аномальным превышением числа появления положительных разрядов над отрицательными: северный и северо-восточный [2].

В данной работе проводилась обработка записей ОНЧ-радишумов, произведенных в экспедиции в Верхоянье летом 2008 г. в окрестности пункта Батагай. Сигнал принимался на штыревую антенну длиной 10 м, подключенную через усилитель (коэффициент усиления – 40) с согласующим делителем ко входу АЦП ноутбука с частотой дискретизации 62,5 кГц и порогом 5 В. Обработка проводилась по 180 разрядам, отображенным без перекрытия по времени. В данной записи длительность сигнала лежала в интервале от 6 до 56 мс, с модой в 14 мс.

Наиболее вероятная длительность первого квазиполупериода КНЧ импульса равна 4 мс, а второго 7 мс. Установлено, что задержка между ОНЧ атмосфериком и КНЧ излучением лежала в пределах 7 мс (рис.3), с наиболее вероятными значениями в 2 и 1 мс (37,7% и 36,6%). Вероятность отсутствия запаздывания составила 10%, а появление радиоимпульса с максимальной длительностью в 6-7 мс – 1,67%. Выявлено 76,7% положительных разрядов “облако-земля”, сопровождавшихся зарегистрированным КНЧ сигналом. 23,3% событий КНЧ импульсов порождены отрицательными разрядами. Нужно учесть, что в 9,4% случаев из этих 23,3% определение знака было затруднено из-за малого соотношения сигнал-шум. Большинство КНЧ сигналов имели положительный знак первого квазиполупериода при положительном сферике – 63,3%. Таким образом, подтвердилось предположение о необходимости положительного разряда для возникновения КНЧ излучения спрайта [1].

Анализ амплитуд выбранных сфериков, поставленных в соответствие с задержкой между радиосигналами от спрайта и атмосферика молнии, показывает, что после мощных разрядов может быть задержка длительностью как 1 – 3 мс, так и вовсе без нее. То есть задержка не зависит от величины вызвавшего спрайт разряда в пределах точности 10%.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гуревич А.В., Зыбин К.П.* Пробой на убегающих электронах и электрические разряды во время грозы. // УФН, 2001. - Т. 171, № 11. - С. 1177-1199.

2. *Мулляров В. А., Торопов А. А., Козлов В. И., Каримов Р. Р.* Особенности пространственного распределения положительных грозových разрядов на Востоке Сибири. // Метеорология и гидрология, в печати (2009).

Разработка web-ориентированного расписания учебных занятий

Хаймина Л.Э., Хаймин Е.С., Овсянкин И.П., Ежов А.В.

*Поморский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Архангельск*

В любом учебном заведении (школа, колледж, вуз) мы сталкиваемся с составлением расписания учебных занятий, спортивных секций, клубов по интересам и т.д. Чаще всего мы имеем дело с бумажным

носителем расписания. Безусловно, что такой традиционный вид расписания обладает множеством положительных черт. Но в эпоху информатизации образования, в эпоху активного внедрения компьютерных технологий в учебный процесс налицо и недостатки данной формы предоставления информации. Основными из них являются недоступность расписания в любое время суток и с любого рабочего места, а так же неудобство его редактирования.

Перед нами была поставлена задача - разработать web - ориентированное расписание учебных занятий на математическом факультете для расширения функциональных возможностей классического расписания.

Основными этапами данного проекта являются:

- создание Интернет - ресурса, позволяющего просматривать учебное расписание;
- разработка системы онлайн редактирования расписания;
- создание системы администрирования сайта.

Для реализации этапов проекта были выбраны: Ajax, язык сценариев PHP, СУБД MySQL, web-сервер Apache, основанием для выбора которых являются:

- широкая распространённость;
- бесплатность;
- мультиплатформенность;
- актуальность;
- простота.

Созданная система служит для демонстрации возможностей web-программирования и является примером разработки подобных систем. Основные функции системы – вывод студенческого расписания средствами языка PHP в соответствии с запросом, формируемым web-интерфейсом. Система располагает возможностью вывода расписания, редактирования расписания, вывода объявлений администрации.

Разработка системы выполнялась в следующем порядке:

- выбор технологий для разработки;
- анализ предметной области и разработка системной структуры;
- разработка скриптов и модулей для работы с базой данных;
- формирование пользовательского интерфейса.

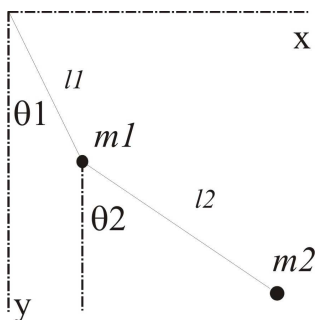
Система служит для поддержки учебного процесса факультетов ПГУ, в частности, математического факультета. Данный проект внедрен в учебный процесс математического факультета и прошел апробацию в течение всего учебного года. Более подробно с ним можно ознакомиться на сайте математического факультета ПГУ имени М.В. Ломоносова <http://maths.pomorsu.ru>.

Моделирование движения плоского двойного маятника на пакете Maple

Шарин Е.П., Гуляева С.Н.

ФТИ ЯГУ, Якутск

Один из распространенных типов движения механических систем представляет собой малые колебания, которые система совершает вблизи положения устойчивого равновесия. В литературе наиболее часто встречается исследование систем с одной степенью свободы.



В настоящей работе мы исследуем колебания системы с двумя степенями свободы, а именно колебания двойного плоского маятника (см. рис.1). На основе уравнений Лагранжа получены уравнения движения для обобщенных координат $\theta_1(t)$ и $\theta_2(t)$. Определены зависимости обобщенных координат от времени, построены графики этих зависимостей, а также график траектории в фазовом пространстве. Разработана программа для анимации движения двойного плоского маятника на пакете Maple.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. Математическое моделирование социально-экономического развития Арктики и регионов Севера	3
<i>Батугина Е.Н., Томская А.Г.</i> Многофакторный анализ производительности труда в горной промышленности	3
<i>Бекетов Н.В., Ноева Е.Е.</i> Структурное моделирование рас-средоточенного рынка электроэнергии на основе использования методов поиска равновесия и узловых увязки .	5
<i>Варфоломеева Т.Э.</i> Расчет финансовой устойчивости предприятия	7
<i>Васильева Т.И.</i> Экономико-математические приложения в Excel.	8
<i>Гоголева И.В.</i> Эконометрический анализ ряда динамики при наличии структурных изменений	9
<i>Дьячкова М.П., Степанова А.Е.</i> Имитационное моделирование многоканальной системы массового обслуживания с очередью	9
<i>Малакишина Э.И.</i> Анализ и прогнозирование бивалютной корзины	11
<i>Мальшиева М.И.</i> Определение регионального прожиточного минимума в Республике Саха (Якутия)	13
<i>Николаева И.В., Набережная А.Т.</i> Использование методов кластерного анализа для оценки основных народнохозяйственных пропорций экономических районов РС(Я) . . .	14
<i>Петухова А.С.</i> Оценка экономической эффективности внедрения инновационных технологий как элемент развития	15
<i>Посельская М.А.</i> Моделирование развития ипотеки в РС(Я) .	17
<i>Слепцова Д.Е.</i> Анализ дифференциации заработной платы по видам экономической деятельности и регионам Республики Саха (Якутия)	18

<i>Трубина А.В.</i> Метод оценки эффективности миграционных вложений в человеческий капитал на микроуровне	19
<i>Турантаев Г.Г.</i> Исследование потребительского спроса в условиях Севера	20

Секция 2. Математическое моделирование и инновационные технологии в недропользовании **22**

<i>Berloff P.</i> A mechanism of climate variability driven by the mid-latitude ocean circulation	22
<i>Алексеев В.Д.</i> Численное решение двумерной задачи вытеснения нефти водой	22
<i>Алексеева А.Г.</i> Численное решение задачи о противоточной капиллярной пропитки пористой среды в неизотермических условиях	23
<i>Аржакова С.В.</i> Математическая модель влагообмена в насыщенных пористых средах	25
<i>Асфандияров Д.Г., Кондаков В.Г., Скрыбыкина С.И.</i> Численное моделирование течения за обратным уступом с помощью трехмерной схемы Кабаре	26
<i>Афанасьева А.А., Пермяков П.П.</i> Прогноз температурного режима зданий с учетом продольной фильтрации воздуха	27
<i>Афанасьева И.А.</i> Численное исследование процесса теплового взаимодействия сооружений с вечномерзлыми грунтами	29
<i>Афанасьева Н.М.</i> Численное моделирование трехфазного течения в пористой среде	30
<i>Васильева М.А.</i> Восстановление фрикционного тепловыделения в радиальных подшипниках скольжения по температурным данным	31
<i>Васильева М.В.</i> Параллельная реализация 3D модели черной нефти	32
<i>Внуков Е.В.</i> Использование красно-черного упорядочивания для распараллеливания метода верхней релаксации	33
<i>Гусев Е.Л., Ярилова Е.В.</i> Методы численного расчета и оптимального проектирования слоисто-неоднородных конструкций при волновых воздействиях	33
<i>Дианский Н.А., Гусев А.В.</i> Моделирование циркуляции Мирового океана и его отдельных акваторий	35
<i>Егорова М.П.</i> Влияние температуры окружающего воздуха на тепловой процесс при электромужфтовой сварке полиэтиленовых труб для газопроводов	36
<i>Еремеев И.С.</i> Расчет температурного поля и концентрации соли в промерзающих грунтах	37

<i>Захаров П.Е.</i> Параллельный алгоритм реализации математической модели вытеснения нефти водой	38
<i>Иванов Г.И., Николаев В.Е.</i> Исследование влияния реальных свойств газа при неизотермической фильтрации	39
<i>Матвеева М.В., Пермьяков П.П.</i> Математическая модель течения промерзающих – протаивающих грунтов	40
<i>Николашкина М.С.</i> Применение рангового критерия Вилкоксона в анализе направления прихода космических лучей сверхвысоких энергий	41
<i>Ним Ю.А., Адаров Т.Д., Иванова В.Э.</i> Математическая модель технологии импульсного электромагнитного мониторинга захоронения рассолов при их возбуждении вертикальным электрическим диполем	42
<i>Осипова Н.Ф., Панишев С.В.</i> Программа оптимизации параметров бестранспортной технологии внутреннего отвалобразования смерзающихся вскрышных пород	43
<i>Парникова А.Е., Попов О.Н., Винокуров Г.Г.</i> Применение теории перколяции для оценки ресурса порошковых покрытий и материалов	44
<i>Петрова Д.Д., Попов О.Н., Винокуров Г.Г.</i> Применение теории двумерных кластеров для описания ферритно-перлитной структуры стали	46
<i>Пахомова Н.В.</i> Численное решение задачи вытеснения нефти карбонизированной водой	48
<i>Прокопьев А.В.</i> Расчеты движения воды в модельных руслах в одномерном приближении	49
<i>Серебряков Д.А.</i> Параллельная реализация метода Холесского	49
<i>Слепцова Е.А., Павлов А.Р.</i> Расчет остаточных напряжений и деформаций при сварке тонких пластин	50
<i>Федоров И.В.</i> Объектно-ориентированный подход к численному моделированию процессов теплообмена	51
<i>Яковлев П.Г., Карабасов С.А.</i> Использование метода Кабаре для численного моделирования взаимодействия пар плоских вихрей	51
Секция 3. Современные проблемы математики и механики	53
<i>Антипин В.И.</i> Гладкие решения задачи Жевре для уравнения третьего порядка	53
<i>Васильев М.В.</i> Об ондной бескоалиционной дифференциальной игре двух лиц	54

<i>Григорьев Ю.М., Скрыбина О.Е., Мохначевский А.Н.</i> Влияние приливных деформаций Земли на вращение внутреннего ядра Земли	54
<i>Егорова Е.Р.</i> Распространение уединенных волн в холодной плазме с учетом диссипации	55
<i>Егоров Р.И., Кайгородов С.П., Бурнашева А.А.</i> Об одном способе формирования стратегий в РЕС-задачах	57
<i>Караульный П.В.</i> Задача об обтекании плоского контура идеальной несжимаемой жидкостью	58
<i>Крыжановский В.А.</i> Асимптотические методы в задачах о движении вязкой несжимаемой жидкости	59
<i>Лукина Г.А.</i> Разрешимость пространственно нелокальной задачи для уравнения третьего порядка	60
<i>Марков В.Г.</i> Нелокальные краевые задачи для параболического уравнения с меняющимся направлением эволюции	61
<i>Мохначевский А.Н.</i> Трехмерная математическая модель приливных деформаций земли	62
<i>Неустроева Н.В.</i> Жесткое включение в контактной задаче для упругих пластин	63
<i>Осипова Т.Л.</i> Разрешимость одной краевой задачи параболического типа	64
<i>Павлов С.С.</i> Исследование обратной задачи восстановления плотностей источников одномерного волнового уравнения	65
<i>Петров П.П., Попов С.В.</i> О краевой задаче для параболического уравнения четвертого порядка с меняющимся направлением времени	67
<i>Попов Н.С.</i> Разрешимость задачи со смещением для псевдопараболического уравнения с нелокальным интегральным краевым условием	68
<i>Потапова С.В.</i> О краевой задаче для общих параболических уравнений шестого порядка с меняющимся направлением времени	70
<i>Сидорова Е.В., Попов С.В.</i> Гладкие решения интегрального уравнения задачи Трикоми	71
<i>Слепцова Е.А., Ковальска В.Н., Голиков А.И.</i> Гарантирующие стратегии преследователя и убегающих в динамической игре преследования “Сонор”	74
<i>Спиридонова Н.Р.</i> Задача Трикоми в бесконечной области	75
<i>Туласынов М.С.</i> Нелокальные краевые задачи для линейных параболических уравнений с меняющимся направлением эволюции	76
<i>Уваровская М.И.</i> Задача Трикоми в бесконечной области	77

<i>Шадрина А.И., Попов С.В.</i> Контактные параболические задачи для общих уравнений второго порядка	77
<i>Шарин Е.Ф.</i> Об одной задаче для уравнения параболического типа с разрывными коэффициентами	79

Секция 4. Вычислительные и информационные технологии **81**

<i>Болдырев С.В.</i> Реализация алгоритма дискретного вейвлет-преобразования с применением искусственных нейронных сетей	81
<i>Григорьев Ю.М., Орлова М.Н.</i> Индуцированные перенапряжения в трубопроводе	82
<i>Иванов В.В.</i> Разработка системы тестирования CS Test (Computer Science Test)	83
<i>Иванова Н.А., Николаева Е.Т., Тимофеев Н.Э., Яковлев Б.В.</i> Разработка методики использования специализированного пакета Mathcad в образовательном процессе	84
<i>Кириллин Р.А., Ромащенко Ю.А.</i> Модель плазменной оболочки пульсара	86
<i>Клеветов Д.В.</i> Моделирование рабочей области плоских механизмов с параллельной кинематикой	87
<i>Лукачевская П.И.</i> Разработка корпоративного Web-сайта с применением мультимедиа технологий	89
<i>Нальяхов Н.И.</i> Выбор технологии создания web-ресурсов	90
<i>Никифорова Л.В., Яковлев Б.В.</i> Электростатические характеристики конусообразного пучка заряженных частиц	92
<i>Сапьянов В.Ю.</i> Особенности моделирования главных балансиров механизмов передвижения при анализе напряженно-деформированного состояния металлоконструкций тяжелых козловых кранов методом конечных элементов	95
<i>Слепцов И.С., Сивцев В.И.</i> Определения истинного положения дефектов естественного кристалла алмаза	96
<i>Смирнова Е.В.</i> Использование данных дистанционного зондирования Земли в управлении регионом	97
<i>Тарабукина Л.Д.</i> Статистический анализ временных задержек молния-спрайт	99
<i>Хаймина Л.Э., Хаймин Е.С., Овсянкин И.П., Ежов А.В.</i> Разработка web-ориентированного расписания учебных занятий	100
<i>Шарин Е.П., Гуляева С.Н.</i> Моделирование движения плоского двойного плоского маятника на пакете Maple	102

II Всероссийская научная конференция и
VII Всероссийская школа-семинар студентов, аспирантов,
молодых ученых и специалистов

**“МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
РАЗВИТИЯ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ”**

Тезисы докладов

15 – 22 июня 2009 г.

Под редакцией д.ф.-м.н. В.И. Васильева, к.ф.-м.н. М.С.Троевой
Компьютерная верстка: Е.Ф. Шарин, М.В. Матвеева,
Е.Р. Егорова, Н.Р. Спиридонова, С.С. Павлов

Подписано в печать 10.06.09. Формат 60 × 84 1/16.
Печать офсетная. Печ. л. 6,75. Тираж 200 экз. Заказ №15

Отпечатано в филиале издательства ЯГУ,
Институт математики и информатики ЯГУ.
Адрес: г. Якутск, ул. Кулаковского, 48
Тел.: (4112)496833