

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И
БИОМЕХАНИКА В СОВРЕМЕННОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ**

ТРУДЫ III ВСЕРОССИЙСКОЙ ШКОЛЫ-СЕМИНАРА

28 мая – 1 июня 2007 года

Организаторы:

Южный федеральный университет

Научно-исследовательский институт механики и прикладной
математики имени Воровича И. И.

Южный научный центр РАН

Ростов-на-Дону
«Терра Принт»
2007

ББК В2.Я 431

Редакторы: А.О. Ватульян, М.И.Карякин

Математическое моделирование и биомеханика в современном университете. Тезисы докладов III Всероссийской школы-семинара, пос. Дивноморское, 28 мая – 1 июня 2007 г. Ростов-на-Дону. Издательство «Терра Принт». 2007 г. 92 с.

Сборник содержит тезисы докладов, представленные на III Всероссийскую школу-семинар «Математическое моделирование и биомеханика в современном университете».

Основной целью школы-семинара являлось обсуждение современных направлений и тенденций научных исследований в области математического моделирования применительно к новым задачам механики и биомеханики. Были обсуждены результаты моделирования тел из физически и геометрически нелинейных материалов, проблемы вычислительной механики, идентификации параметров для материалов со сложными физико-механическими свойствами (пористость, разномодульность, микроструктура, пьезоэффект), задачи моделирования, функционирования и роста различных биологических тканей и систем (костная и мышечная ткань, ткань кровеносных сосудов и т.д.), моделирование и оптимизация имплантантов. Важным аспектом работы школы стало изучение вопросов интеграции этих направлений с процессом современного классического естественнонаучного и инженерного образования, анализ влияния междисциплинарных исследований на формирование современного ученого, обсуждение современных методов и технологий преподавания технических и естественнонаучных дисциплин, формирование новых учебных курсов и специализаций в рамках обсуждаемых на школе-семинаре научных направлений.

Скалиух А. С. Об определяющих уравнениях в задачах поляризации сегнетокерамик	75
Смирнова М. Ю. Моделирование и исследование напряжений в стенке левого желудочка в норме и патологии	76
Соколов А. В. Задача чистого изгиба нелинейно упругого полого цилиндра при наличии внутреннего давления	77
Соловьев А. Н., Чмутова Г. Д. Моделирование композитов нерегулярной структуры в ACELAN	77
Солуянов Н. О. Реконструкция локализованных неоднородностей в твердых тканях	78
Сурков Ф. А. Современные компьютерные технологии преподавания естественнонаучных дисциплин	79
Сухов Д. Ю. Построение вычислительного комплекса на основе C++ и Maple и использование его для решения нелинейных задач теории упругости	79
Тарасевич Ю. Ю. Моделирование процессов переноса и фазовых переходов в высыхающих каплях биологических жидкостей	80
Тарасова И. Л. Принципы построения нечетких моделей нанобиомехатроники	82
Углич П. С. О колебаниях упругого слоя с неровной нижней границей	83
Чебаков М. И. Контактная задача для двухслойного сферического шарнира	83
Черныш Е. В. Предмодельный анализ медико-экологических данных .	84
Шапошников К. С. Метод ортогональных проекций в задачах расчета магнитного поля в присутствии идеальных магнетиков	85
Шейдаков Д. Н. Влияние моментных напряжений на устойчивость цилиндрической трубы при растяжении и сжатии	86

III Всероссийская конференция «Математическое моделирование и биомеханика в современном университете» (пос. Дивноморское, 28 мая – 1 июня 2007 г.) поддержана Российским фондом фундаментальных исследований

Кряквин В. Д. Об опыте использования некоторых современных информационных технологий для активизации самостоятельной работы студентов младших курсов	56
Курбатов С. В. Молекулы удовольствия	57
Курбатова Н. В. Об эффективной дискретизации вариационных задач	57
Кучумов А. Г., Лохов В. А., Няшин Ю. И., Чурин А. Ф. Моделирование фиксаторов, изготовленных из сплавов с памятью формы для остеосинтеза переломов нижней челюсти	58
Морусова Т. А. Моделирование диагностики срачивания бедренной кости	58
Надолин Д. К., Надолин К. А., Положенцева Т. Е. О реализации программы Microsoft IT Academy на мехмате ЮФУ	59
Наседкин А. В. Анализ возможностей пакетов ANSYS/Flotran и CFX для расчета течений многокомпонентных высокотемпературных жидкостей	61
Науменко Я. А. Моделирование теллурических токов в обширных водных акваториях посредством интегральных уравнений второго рода	62
Нестеров С. А. Об одном методе решения нестационарной задачи теплопроводности для неоднородного стержня	63
Никитина Е. Ю., Рыбченко А. А., Шабанов Г. А. Технология проведения мониторинга индивидуального здоровья человека с помощью аппаратно-программного комплекса «Лучезар»	64
Олифер Н. А. Об одной коэффициентной обратной задаче для плоской области	65
Петровская Н. В., Цывенкова О. А., Ширяева Е. В. Использование электронного учебника по численным методам на факультетах ЮФУ .	66
Плоткин Г. Л., Утехин А. И., Шатаева Е. В. Построение геометрических моделей костей и определение параметров движения в суставах .	67
Положенцева Т. Е., Скалиух А. С. Колебания линейного элемента с неоднородными по длине свойствами.	68
Попов А. В. Об устойчивости составных колец с внутренними напряжениями	69
Пряхина О. Д., Смирнова А. В. Применение теории «вирусов вибропрочности» к исследованию динамических процессов в средах с нарушением сплошности	69
Романова Н. М., Устинов Ю. А. Численный анализ напряженно-деформированного состояния стержня с винтовой анизотропией при чистом изгибе	70
Русанова Я. М., Чердынцева М. И. Особенности организации электронного учебника по биомеханике	71
Седов А. В. Интегрирование сигналов при идентификации объектов в режиме реального времени с использованием квазиортогонального базиса окаймляющих функций	73
Сергеев А. Д. Влияние кориолисовых сил на пространственную квазиравновесную конфигурацию потока несжимаемой жидкости, заключенного в гибкую направляющую	74

Асимптотические методы исследования в задачах идентификации трещин в вязкоупругих телах

Азарова П. А., Явруян О. В.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
bulgurian@km.ru

Активное использование новых современных материалов, таких, как полимеры, композиты, которым присуще затухание различной физической природы, объясняет нарастающий интерес к задачам прочности и устойчивости конструкций из этих материалов, решение которых непосредственно зависит от своевременного выявления микродефектов различной структуры. Поэтому разработка эффективных алгоритмов и программ для решения задач идентификации трещин в телах с учетом эффектов затухания представляют актуальную задачу современной механики сплошных сред.

При этом упрощенная модель распространения волн в теле с трещиной может оказаться весьма продуктивной при решении как прямых, так и обратных задач. Основу такой упрощенной постановки составляет асимптотический анализ проблемы.

Учет затухания может быть осуществлен в рамках концепции комплексных модулей, согласно которой характеристики материала представляют собой комплексные функции частоты колебаний.

В рамках данного исследования разработан эффективный алгоритм идентификации трещины в вязкоупругой среде, ключевым моментом которого является учет малости относительного размера трещины по сравнению с размерами тела. Идентификация осуществляется по полям смещений, измеренных на границе тела.

Получены системы граничных интегральных уравнений (ГИУ), построены асимптотики подынтегральных выражений и правой части ГИУ в предположении малости линейного размера дефекта. Выведены получены интегральные уравнения с постоянной правой частью, которые имеют простые точные решения, на основе которых построены волновые поля смещений для модельной задачи об установившихся колебаниях вязкоупругого слоя с трещиной. Проведен асимптотический анализ полученных полей перемещений.

Решена обратная задача идентификации трещины в слое путем ее параметризации в классе прямолинейных трещин либо дуг окружностей и дальнейшей минимизацией функционала невязки с использованием современного метода генетических алгоритмов.

Проведено сравнение точности восстановления параметров трещины с упругим случаем.

Идентификация механических свойств полимеркомпозитных материалов на основе статических и динамических испытаний

Акопян В. А.*, **Напрасников В. В.****,
Соловьев А. Н.***, **Шевцов С. Н.******

**Ростов-на-Дону, НИИ механики и прикладной математики
им. Воровича И. И.*

***Минск, Южный федеральный университет*

****Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет*

*****Ростов-на-Дону, Южный научный центр РАН
soloviev@math.rsu.ru*

Разработаны теоретические и экспериментальные методы определения механических характеристик анизотропных упругих материалов, в частности, полимеркомпозитных, на примере материала лонжерона лопасти несущего винта вертолета МИ-28. Полученные результаты основаны на разработке модифицированных лабораторных установок для проведения статических испытаний по определению модулей упругости и коэффициентов Пуассона, модулей сдвига в плоскости, и межслойного и на создании новых лабораторных установок для проведения динамических испытаний с помощью возбуждения колебаний пьезокерамическими и электромагнитными актуаторами. Получение адекватных данных с помощью этих установок в большой степени связано с проведенным конечно-элементного моделирования их работы, на основе которого выявлен ряд особенностей (неравномерность напряженно-деформированного состояния в рабочих областях, существенные зависимости погрешности измерений от условий проведения эксперимента в некоторых стандартных методиках и др.), и построены итерационные схемы уточнения модулей, не требующие дополнительных испытаний. Разработаны оригинальные генетические алгоритмы (ГА), которые в сочетании с МКЭ в комплексе AСЕLAN применены к задаче определения полного набора упругих модулей по результатам динамических испытаний. При этом входной информацией для разработанного метода может служить как поле смещений, так и интегральные характеристики движения, такие, как набор собственных частот или их сочетание, опирающееся на предварительную идентификацию мод колебаний. Последнее обстоятельство позволяет определить параметры демпфирования на отдельных модах колебаний, что является важным для динамического нестационарного анализа конструкций. С помощью сочетания ГА и МКЭ, метода Левенберга-Марквардта и МКЭ разработаны методы и программные средства определения функциональной зависимости (в некоторых классах) модулей упругости и сдвига по данным динамических испытаний. На основе некоторых аналитических решений для анизотропных тел и проведения модального анализа представительных объемов композитов регулярной и нерегулярной структуры с помощью МКЭ в AСЕLAN, разработана методика определения их эффективных модулей упругости. Разработаны специальные призматические конечные элементы, учитывающие внутреннюю структуру материала. Развита принципы разномасштабного моделирования композита (нить-

Ерусалимский Я. М., Кузьмина М. В. Динамические периодические графы	39
Зеленина А. А. Об учете микроструктуры в нелинейной теории изгиба и кручения	40
Иванов Д. В., Коссович Е. Л. Конечноэлементное моделирование поведения артерий человека с патологическими извитостями	40
Ильичев В. Г. Устойчивые живые системы, состоящие из неустойчивых подсистем	41
Илюхин А. А., Тимошенко Д. В. Математическая модель ДНК на основе теории закрученных стержней	42
Исакова О. П., Тарасевич Ю. Ю. Применение современных ИТ в обучении студентов-физиков методам обработки экспериментальных данных	42
Кабельков А. Н., Притыкин Д. Е. Оптимальное управление движением манипулятора	43
Карпинский Д. Н., Панчихина Г. И. Эволюция пузырьков в межзеренной газонасыщенной пленке вязкой жидкости	44
Карпинский М. Ю., Кизилова Н. Н. Моделирование колебаний центра масс тела человека во фронтальной и сагитальной плоскостях при опоре на одну и две ноги	45
Карякин М. И., Кондрашова А. С. Использование Flash-технологий для создания виртуальной лаборатории сопротивления материалов	46
Карякин М. И., Пустовалова О. Г. Об учете моментных напряжений в задачах нелинейной теории упругих дислокаций	47
Кизилова Н. Н. Динамика роста корней растений под действием растягивающей нагрузки: экспериментальные результаты и теоретическая модель	48
Кизилова Н. Н. Мультиязычный учебник по биомеханике для механико-математического факультета	49
Кириллова Е. В., Сыромятников П. В. Интегральные представления термоэлектроупругих полей в многослойных анизотропных средах с плоскими неоднородностями	51
Ковалева В. В. Анализ влияния малых параметров в нестационарной задаче термоэлектроупругости для тонкостенного элемента	52
Ковалева Е. С., Цибулин В. Г. Анализ режимов системы популяционной кинетики с косимметрией	52
Колесников А. М. Равновесие упругой цилиндрической трубы, заполненной тяжелой жидкостью	53
Комашко М. В. Расчет плоско-параллельного магнитного поля в присутствии намагничиваемых тел с кусочно-гладкими границами	53
Кочубей Т. В. Интегро-дифференциальное уравнение первого рода в задаче расчета стационарных магнитных полей в присутствии идеальных проводников	54
Краснов А. Ю. Об осесимметричной форме потери устойчивости полого нелинейно-упругого шара, нагруженного внутренним давлением	56

Богосьян А. Б., Власов М. В., Тенилин Н. А. Математическое моделирование положения берцовых костей в дистальном отделе голени при врожденной косолапости у детей раннего возраста	20
Боев Н. В. Интегральные представления в задачах рассеяния ультразвуковых упругих и акустических волн	21
Бычков А. А. Конечноэлементное моделирование лопасти несущего винта вертолета	22
Ватульян А. О., Двоскин М. А., Сагуновский П. С. Идентификация сдвиговых характеристик мягких тканей	23
Ватульян А. О., Явруян О. В. Об одном подходе к идентификации вязкоупругих биологических сред.	24
Ватульян К. А., Устинов Ю. А. Задачи Сен-Венана для графитовых нанотрубок	25
Водолазов Н. Н., Михалкович С. С., Ткачук А. В. Преимущества использования компилятора PascalABC.NET в учебном процессе	26
Гавриляченко Т. В., Иванова М. И. Web-система для тестирования студентов, изучающих векторную и тензорную алгебру.	27
Глушков Е. В., Глушкова Н. В., Ерёмин А. А. Распространение волн в упругом слое с внутренними препятствиями	28
Глушков Е. В., Глушкова Н. В., Лапина О. Н., Фоменко С. И. Распространение волн в пористых водонасыщенных слоистых и скважинных структурах	29
Городецкий А. Е., Кучмин А. Ю., Тарасова И. Л. Логико-вероятностное моделирование образования фракталоподобных структур на примере пористого кремния	30
Гузев М. А., Згонник Д. Б., Лихацкая Г. Н. Восстановление поврежденных файлов PDB для визуализации и моделирования пространственной структуры органических молекул	31
Гузев М. А., Лихацкая Г. Н., Шепелов М. А. Исследование термостабильности белков-поринов методом молекулярной динамики	32
Гуляев Ю. П. Способ определения продольной силы натяжения в эластичных структурах	33
Гуляев Ю. П., Елшин М. А. Решение задачи определения динамики кровотока в крупных артериях по одномерной теории с использованием ПК.	33
Ежов М. Ю., Рукина Н. Н. Биомеханическая диагностика hallux valgus	34
Еремеев В. А., Иванова Е. А., Морозов Н. Ф. Некоторые задачи наномеханики	35
Еремеев В. А., Коновалова А. Л. О поверхностных волнах в полупространстве, на поверхности которого задано неоднородное распределение нанообъектов	36
Еремеев В. А., Макарьев А. И. Об изгибе пластинки, испытывающей фазовые превращения	37
Еремеев В. А., Соловьев А. Н., Шевцова В. С. Моделирование летательного аппарата насекомых	37

слой-пакет слоев). Предложены нейросетевые технологии решения обратных задач по определению неоднородностей и дефектов типа трещин и полостей эллипсоидальной формы в упругих конструкциях, которые могут служить средствами неразрушающего контроля качества полимеркомпозитных изделий. В том числе для этой цели в ACELAN разработаны и программно реализованы контактные конечные элементы. С помощью всех разработанных теоретических методов и программных средств проведен численный анализ натурных и модельных экспериментов с образцами. В лабораториях ДГТУ, ОАО «Роствертол» и НИИМиПМ им. акад. И. И. Воровича РГУ проведены широкомасштабные натурные испытания по определению механических характеристик жесткости и прочности полимеркомпозитного материала и его компонент (связующего и стекловолокна). Эти испытания выявили существенную зависимость результатов (в пределах 30%) от формы и размеров образцов, вырезанных из готового полимеркомпозитного изделия. На основе этих испытаний и их САЕ-поддержки определен полный набор упругих модулей полимеркомпозита.

Моделирование интеллектуальных конструкций в вертолетостроении

Акопьян В. А.*, Соловьев А. Н.*, Шевцов С. Н.**

**Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет*

***Ростов-на-Дону, Южный научный центр РАН*

aeroengdstu@list.ru

Проблема разработки и модельного описания активных конструкций с интеллектуальным управлением, использующим группу датчиков деформации, силовых пьезоэлектрических актуаторов, активно изучается в последние годы научным и инженерным сообществом в связи с попытками создания летательных аппаратов нового поколения. Чаще всего целью такого управления является подавление колебаний в диапазоне возбуждаемых частот или на отдельных модах. Настройка отклика системы активного управления производится таким образом, чтобы обеспечивалась минимальность некоторого функционала, конструируемого из параметров текущего динамического состояния управляемой системы. При этом не всегда имеется ясное представление о структуре этого функционала. Иначе говоря, обеспечивает ли минимальность построенного функционала безопасное состояние управляемой системы (являющейся подсистемой всей конструкции, безопасность и управляемость которой требуется сохранить) при всех возникающих ситуациях, включая непредвиденные внешние воздействия, локальные повреждения управляемой системы и элементов самого контроллера.

В работе предложена архитектура такой системы управления, использующая динамическую рекуррентную нейронную сеть с моделью эталонной механической системы – лопасти вертолета. В качестве эталонной механической системы предложено использовать предельно упрощенную, балочную модель управляемой системы с заведомо лучшими характеристиками (жесткостью, конструкционным демпфированием, распределением собственных частот, исключаяющим

сближение крутильных и изгибных мод). Так как процесс обучения нейросетевого контроллера на натурной конструкции не представляется реализуемым, в качестве управляемой системы (в терминах управления – plant) использовали ее конечноэлементную модель, на которой задавали динамическое воздействие и локальные повреждения.

Структура нейроконтроллера (число скрытых слоев, временных задержек и обратных связей) определялась количеством учитываемых мод колебаний, используемых сенсоров и актуаторов. Предложенная архитектура нейроконтроллера показала очень высокое быстродействие, однако потребовала чрезвычайно большого объема вычислительных операций на этапе обучения. В численных экспериментах с композитной пластинкой (250*20*0.5 мм) использовали от 2 до 8 сенсоров и актуаторов, размещаемых на верхней и нижней плоскостях. При этом нейроконтроллер содержал от 2 до 5 скрытых слоев и до 7 задержек. Время дискретизировали с шагом 5 мсек. В работе представлены некоторые результаты численных экспериментов, сопоставленные с результатами натурных экспериментов над композитной пластинкой, возбуждаемой электромагнитом в диапазоне частот, охватывающем две первые моды изгибных колебаний. Электронная схема реализовала обратную связь по деформации и ее скорости с возможностью записи и последующей программной обработки снимаемых сигналов. Сравнение результатов компьютерного моделирования и эксперимента позволило выявить закономерности переходных процессов при включении контроллера в работу и его реакции на внешние воздействия, а также определить требуемые характеристики актуаторов для обеспечения требуемой скорости переходных процессов.

Работы, выполняемые в плане развития представленных исследований, включают создание уменьшенной физической модели лопасти вертолета и компьютерную реализацию системы нейросетевого управления, работающей в реальном времени.

Представленные исследования выполнены при поддержке РФФИ, гранты 05-01-0690, 07-01-0840 и Госконтракта ФЦНТП № 02.442.11.7240.

Модель и вариант остеосинтеза шейки бедра жесткими резьбовыми фиксаторами

Акулич А. Ю.*, Акулич Ю. В.**, Денисов А. С.*, Мальцева А. А.**

*Пермь, Пермская государственная медицинская академия

**Пермь, Пермский государственный технический университет

a.u.v@cpl.pstu.ac.ru

Основным критерием традиционной методики остеосинтеза при переломах шейки бедра является идеальная репозиция при обеспечении надёжной фиксации костных отломков, что достигается установкой трёх стандартных резьбовых фиксаторов с максимальным моментом закручивания. Однако, невысокий процент положительных исходов операции (25%) вызывает необходимость критического анализа как этапов операции, так и более глубокого изучения биомеханических процессов в костной ткани отломков, подвергнутых значительным

Содержание

Азарова П. А., Явруян О. В. Асимптотические методы исследования в задачах идентификации трещин в вязкоупругих телах	3
Акопян В. А., Напрасников В. В., Соловьев А. Н., Шевцов С. Н. Идентификация механических свойств полимеркомпозитных материалов на основе статических и динамических испытаний	4
Акопян В. А., Соловьев А. Н., Шевцов С. Н. Моделирование интеллектуальных конструкций в вертолетостроении	5
Акулич А. Ю., Акулич Ю. В., Денисов А. С., Мальцева А. А. Модель и вариант остеосинтеза шейки бедра жесткими резьбовыми фиксаторами.	6
Александрин М. В., Карякин М. И. Об использовании модели Блейтца и Ко для описания растяжения нелинейно-упругого цилиндра	7
Алексеев Д. С., Баду Е. И., Городецкий А. Е., Дубаренко В. В., Кучмин А. Ю., Тарасова И. Л. Математическое и компьютерное моделирование реснитчатого аппарата мерцательных клеток	8
Алексейчук С. А., Кириллова И. В. Взаимодействие ультразвуковой волны с камнем в мочеточнике	9
Алпатов А. П., Белоножко П. П., Прокопчук Ю. А. Компьютерная реализация алгоритмов диагностики слабости мышц руки	10
Байрамкулов К. Н. Метод граничных уравнений в задачах расчета статических и стационарных полей на графах электрических цепей	12
Баранов И. В., Рожков Е. В., Соловьев А. Н., Стрельникова А. В. Идентификация реологических свойств полимеркомпозитов с помощью генетических алгоритмов	13
Баталов О. А., Ежов М. Ю. Математическое моделирование тактики лечения больных с hallux valgus	13
Батищев В. А. Спиральные течения Пуазейля малой амплитуды	14
Бауэр С. М., Качанов А. Б., Новак Я. Н., Семенов Б. Н. Влияние параметров оболочек глаза на показатели внутриглазного давления	15
Бауэр С. М., Семенов Б. Н. Модели апланационных методов измерения внутриглазного давления.	15
Белов К. Л., Еремеев В. А. О переходе в конвекцию в трехмерном слое вязкоупругой микрополярной жидкости	16
Белоконь А. В., Скалиух А. С. Об одномерных гистерезисных операторах	16
Беляк О. А., Ватульян А. О., Явруян О. В. Моделирование динамического поведения мышечной ткани	17
Богаченко С. Е., Устинов Ю. А. Анализ напряженного состояния стенки артериального сосуда во время систолы с учетом предварительных напряжений и винтовой анизотропии	18
Богосьян А. Б., Введенский П. С., Донченко Е. В. Математическое моделирование некоторых параметров походки у больных с разновысокими коленными суставами	19

Влияние моментных напряжений на устойчивость цилиндрической трубы при растяжении и сжатии

Шейдаков Д. Н.

Ростов-на-Дону, Южный научный центр РАН
sheidakov@mail.ru

Анализ влияния микроструктуры материала на потерю устойчивости нелинейно-упругих трехмерных тел достаточно важен как с теоретической, так и с прикладной точки зрения. Особенностью микрополярированной среды (континуум Коссера) является то, что каждая частица тела наделяется степенями свободы абсолютно жесткого тела, т.е. в отличие от классической механики сплошной среды для задания деформации тела каждой его частице помимо вектора перемещений ставится в соответствие еще и вектор микроповорота. Наличие дополнительных степеней свободы у частиц приводит к тому, что в деформированном теле помимо классических напряжений возникают еще и так называемые моментные напряжения. Следует отметить, что устойчивость упругих тел с моментными напряжениями изучена достаточно слабо. В то же время модель континуума Коссера используется для описания гранулированных материалов, поликристаллических тел, композитов, а также различных наноструктур, что, бесспорно, делает актуальной проблему анализа устойчивости для микрополярированных сред.

В настоящей работе исследована устойчивость цилиндрической трубы при осевом сжатии и растяжении в рамках теории Коссера. Рассмотрена модель физически линейного микрополярированного материала. Анализ устойчивости проводится с помощью бифуркационного метода. Для различных значений физических параметров материала и геометрических размеров трубы найдены спектры критических значений параметров деформации. Основываясь на полученных численных результатах, проведен анализ влияния микроструктуры материала на потерю устойчивости.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты 05-01-00638, 06-01-00726 и 06-08-96635р_юг).

сжимающим нагрузкам. Это предопределяет актуальность применения к данной проблеме методологии математического моделирования вообще и представленной модели в частности. Модель описывает последовательно процессы установки фиксаторов и адаптационных изменений структуры и механических свойств костной ткани в процессе репаративной регенерации в послеоперационном периоде. В обоих случаях учитывается естественный тонус мышц тазобедренной группы. В процессе установки фиксаторов определяются: уровень касательных напряжений в кости в области гребней резьбы имплантатов в зависимости от момента закручивания; допустимая величина момента закручивания по условию прочности на срез губчатой костной ткани головки бедра пациента; величина силы сжатия отломков; абсолютная упругая деформация кости вдоль оси шейки. После установки фиксаторов моделируется временной процесс адаптационных изменений пористости, модуля упругости, деформации и укорочения шейки бедра. В основу модели положен алгоритм, реализующий разработанный авторами вариант теории адаптивной пороупругости. Проксимальный отдел бедра представлен в виде цилиндра с осью, совпадающей с осью шейки. Материал цилиндра – губчатая костная ткань с изотропными и неоднородными структурными и механическими свойствами вдоль его оси. Упругое напряжено-деформированное состояние цилиндра предполагается одномерным. На поверхности перелома осуществляется резорбция кости с постоянной скоростью. Процессы сращения и трофики не рассматриваются. В результате моделирования установлено двукратное превышение уровня касательных напряжений в кости в области гребней резьбы по сравнению с пределом прочности кости на срез, что говорит о необходимости контроля допустимого момента закручивания фиксаторов. При 30%-ом превышении предельным моментом закручивания допустимого уровня костная ткань под витками резьбы оказывается в условиях возрастающей пористости, быстрого уменьшения жесткости кости и, как следствие, интенсивного снижения осевой силы сжатия отломков.

Об использовании модели Блейтца и Ко для описания растяжения нелинейно-упругого цилиндра

Александрин М. В., Карякин М. И.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
aleksandrin.rsu@mail.ru

В работе рассматривается растяжение нелинейно-упругого цилиндра из материала Блейтца и Ко. Растяжение происходит в так называемом жестком нагружающем устройстве. Боковая поверхность цилиндра свободна от напряжений, а граничными условиями на торцах служат отсутствие касательных напряжений и заданное значение вертикального смещения.

Решены задачи для упрощенного и общего случая материала Блейтца и Ко. Получены зависимости изменения геометрии цилиндра от его удлинения. Решение задачи для упрощенного типа материала было проанализировано на устойчивость, так как диаграмма нагружения в этом случае имела падающий участок.

Потеря устойчивости в рассматриваемой задаче может означать начало образования шейки в растягиваемом образце. Исследование устойчивости проводилось на основе линеаризации уравнений равновесия в окрестности полученного решения. При этом потерей устойчивости считали появление нетривиальных решений линейной однородной краевой задачи. Ее решение было получено в виде функций Бесселя первого рода. Было выяснено, что в начале падающего участка существует малый его отрезок, на котором цилиндр ведет себя устойчиво. Бесконечно длинный цилиндр теряет устойчивость в начале падающего участка, т.е. в точке максимума диаграммы нагружения. Задача о цилиндре для общего случая материала Блейтца и Ко была проанализирована относительно параметров, описывающих материал, на наличие падающего участка диаграммы нагружения. На плоскости этих параметров построена область существования падающего участка. Приведены первые численные результаты исследования устойчивости цилиндра в этом случае.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 05-01-00638)

Математическое и компьютерное моделирование ресниччатого аппарата мерцательных клеток

Алексеев Д. С.*, Баду Е. И.*, Городецкий А. Е.***, Дубаренко В. В.**,
Кучмин А. Ю.***, Тарасова И. Л.**

*Санкт-Петербург, НПК «Азимут»

**Санкт-Петербург, Институт проблем машиноведения РАН
gae@msa.ipme.ru

Объектом моделирования является отдельная ресничка мерцательной клетки. Исходя из проведенного анализа структуры реснички, принята эквивалентная расчетная схема в виде системы твердых тел, соединенных упругими связями. В качестве твердых тел выбраны узлы центральных белковых нитей с прикрепленными к ним спицами. Упругие элементы представляют собой безмассовые пружины с нелинейными коэффициентами жесткости и демпфирования. Силовые взаимодействия моторных белков (динейна) с белком микротрубочек реснички (глобулином) моделируются эквивалентными силами, приложенными к местам крепления спиц к микротрубочкам.

Построение точных моделей обтекания реснички перцилиарной жидкостью и слезью представляет собой сложную задачу, которая в нашем случае (первое приближение) сведена к нахождению гидродинамических сил.

Математическая модель реснички была реализована в виде компьютерной модели, в которой была реализована эквивалентная схема, состоящая из десяти твердых тел соединенных 90 упругими связями. Однако разработанные алгоритмы позволяют реализовать модель реальной реснички, состоящей из 2000 этажей. Исследование 10 этажной модели было вызвано ограничениями на вычислительную мощность ЭВМ, на которой производились расчеты. Однако современный уровень развития вычислительной техники позволяет более детально моделировать поведение биологических объектов с иерархией структур, дополняя

выборочные оценки коэффициентов парной, частной и множественной корреляции и определяются уровни их значимости. Сопоставление полученных результатов позволяет выявить сочетания химических элементов как характерные для рассматриваемого заболевания.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта НШ-9004.2006.1.

Метод ортогональных проекций в задачах расчета магнитного поля в присутствии идеальных магнетиков

Шапошников К. С.

Новочеркасск, ЮРГТУ (НПИ)

cyr@mail.ru

Рассмотрим задачу расчета стационарного плоскопараллельного магнитного поля в присутствии бесконечно-длинных цилиндрических тел с бесконечной магнитной проницаемостью и кусочно-гладкими липшицевыми границами Γ_k сечений Ω_k , объединения которых обозначим Γ и Ω^- соответственно; $\mu = const$ — магнитная проницаемость внешней среды Ω^+ , $\Omega = \Omega^- \cup \Omega^+ \cup \Gamma$.

Для расчета магнитного поля имеем краевую задачу: $\Delta\varphi^* = 0$ в Ω^+ ; $\varphi^* = C_k - \varphi^0$ на Γ_k , $k = \overline{1, N}$; $\varphi^*(M) \xrightarrow{M \rightarrow \infty} 0$, где φ^* — скалярный потенциал напряженности поля реакции \mathbf{H}^* , φ^0 — потенциал первичного (невозмущенного) поля \mathbf{H}^0 ; $\mathbf{H} = \mathbf{H}^* + \mathbf{H}^0$, $C_k = const$, $k = \overline{1, N}$.

Рассмотрим гильбертово пространство $\mathbf{H}(\Omega)$ функций с конечным интегралом Дирихле в Ω , гармонических вне круга Ω_R , содержащего в себе Ω^- , и исчезающих в бесконечно удаленной точке. Для данного пространства справедливо следующее разложение: $\mathbf{H}(\Omega) = \mathbf{H}^*(\Omega) \oplus \mathbf{H}_\sigma^0(\Omega)$, где $\mathbf{H}^*(\Omega)$ образовано функциями, принимающими на Γ_k постоянные значения, а $\mathbf{H}_\sigma^0(\Omega)$ — функциями, представимыми в виде потенциалов простого слоя с плотностями, распределенными на Γ , имеющими на Γ_k нулевые средние значения. Нами показано, что, если отнестись φ^0 пространству $\mathbf{H}(\Omega)$, то φ^* будет принадлежать $\mathbf{H}_\sigma^0(\Omega)$, а потенциал результирующего поля $\varphi = \varphi^0 + \varphi^*$ — пространству $\mathbf{H}^*(\Omega)$. Таким образом, решение задачи сводится к нахождению проекции потенциала φ^0 на подпространство $\mathbf{H}_\sigma^0(\Omega)$, а определение последней — к нахождению координат потенциала φ^0 в некотором базисе из $\mathbf{H}_\sigma^0(\Omega)$.

Если сечение j -го намагничиваемого тела вырождается в линию Γ_j' с бесконечной магнитной проницаемостью и краем, под Γ_j будем понимать объединение Γ_j' и Γ_j'' — дополнение Γ_j' до замкнутого контура Γ_j . В этом случае φ^* будет гармонической функцией в точках Γ_j'' , следовательно, предельные значения её нормальных производных на Γ_j'' совпадут. Т. е., потенциал φ^* будет иметь на Γ_j' нулевую плотность. Нами показано, что потенциалы с такими плотностями образуют в $\mathbf{H}_\sigma^0(\Omega)$ подпространство и все вышесказанное в рамках обоснования метода решения будет справедливо с заменой Γ_j на Γ_j' .

Алгоритм решения реализован в виде эффективного программного пакета, выполняющего расчет магнитного поля на порядок быстрее существующих ныне аналогичных пакетов.

Предмодельный анализ медико-экологических данных

Черныш Е. В.

Владивосток, Дальневосточный государственный университет
cher@imcs.dvgu.ru

Основным показателем состояния здоровья человеческого организма является его химический состав, который, в значительной степени, определяется химическим составом окружающей среды, т.е. здоровье человека напрямую зависит от среды обитания. Исследуемый регион (Приморский край) характерен неравномерностью химического состава окружающей среды, разделяется на несколько природно-климатических зон.

Таким образом, задача сводится к анализу зависимостей между состоянием здоровья населения и экологическими показателями природной среды обитания, на основе выводов которого будет построена модель распространения экологозависимой патологии и спрогнозировано будущее развитие процесса. В качестве экологических показателей взяты концентрации определенных химических элементов в основных объектах биосферы (воздух, вода, почва). В работе рассматривается статистика йоддефицитной заболеваемости населения Приморского края по трем возрастным группам: дети, подростки, взрослые.

Предмодельный анализ медико-экологических данных включает в себя кластерный, факторный и корреляционный анализы предварительно подготовленных медицинских и геохимических данных.

Как правило, исследуемые объекты являются многомерными, т.е. описываются несколькими признаками, которые часто имеют разные диапазоны изменения или разные размерности, а также могут содержать данные нечислового характера. Поэтому на этапе подготовки и систематизации данных необходима нормировка исходных данных, причем несколькими способами, что позволит выявить наиболее важные переменные и сузить пространство признаков. Медико-экологические данные обширных административных районов целесообразно усреднять, применяя весовые коэффициенты, пропорциональные численности населения соответствующих районов.

Кластерный анализ позволяет провести геохимическое районирование территории с учетом данных о заболеваемости. В результате кластеризации исходное множество объектов разбивается на заданное или заранее неизвестное число кластеров однородных объектов по некоторому математическому критерию. Основными задачами классификации являются выбор метрик и определение метода группировки объектов.

Используя факторный анализ выделяются обобщенные, независимые между собой факторы, выраженные через исходные переменные, а их число существенно меньше числа исходных переменных. Определяются факторные нагрузки, характеризующие степень экологического влияния каждого фактора. Наиболее распространен метод главных компонент.

Корреляционный анализ позволяет выявить и оценить силы статистической связи химического состава объектов окружающей среды и заболеваемости населения. По имеющемуся набору медико-экологических данных рассчитываются

компьютерным моделированием решение проблем, недоступных пока еще для аналитического решения и прямого экспериментального исследования. Компьютерное моделирование становится важным звеном, занимающим промежуточное положение между теорией и реальным экспериментом.

Результаты компьютерной реализации 10 массовой модели показали ее достаточную гибкость и чувствительность к настраиваемым параметрам (жесткостям, массам и др.) с точки зрения получения различных параметров и видов колебаний реснички. Связать настраиваемые параметры модели с биофизическими параметрами реснички, мерцательной клетки и параметрами окружающей среды на данном этапе исследований не удастся из-за отсутствия достаточного количества экспериментальных статистических данных, а так же из-за отсутствия ряда необходимых экспериментальных данных, касающихся биофизических и биохимических процессов генерации энергии колебаний, а также управления и синхронизации. При этом наиболее актуально проведение экспериментов по микровидеозаписи движений, как отдельной реснички, так и всего ареола ресничек мерцательной клетки, как в естественной среде, так и в специально подобранных средах. Указанные исследования необходимо увязать со спектральным мониторингом указанных клеток. Кроме того, возможно получение дополнительной информации за счет регистрации изменения электрических потенциалов на поверхности клеток и полей внутри и вне клеток. Каждое из указанных экспериментальных исследований сопряжено с решением сложных проблем получения и цифровой обработки измерительной информации о микроскопических биологических объектах без нарушения их жизнедеятельности.

Взаимодействие ультразвуковой волны с камнем в мочеточнике

Алексейчук С. А., Кириллова И. В.

Саратов, Саратовский государственный университет
svetlana_aleksia@mail.ru

Знание механических свойств мочеточников и конкрементов мочи важно для теоретической и практической медицины, так как проблема прочности и эластичности интересует урологов, хирургов и судебных медиков. Физиологически различают почти два равных отдела мочеточника: брюшинный (*pars abdominalis*) и тазовый (*pars pelvina*); в последнем, кроме того, выделяют интрамуральную часть (*pars intramuralis*) длиной около 2 см. Проведенные эксперименты показали, что диаметр мочеточника на всем протяжении неодинаков и колеблется в пределах от 0,19 до 0,76 см. Выявлено, что каждый мочеточник имеет три физиологических сужения: у места перехода лоханки в мочеточник; у места перекреста с подвздошными сосудами на *ln. terminalis*; у места впадения мочеточника в мочевой пузырь. В области физиологических сужений мочеточника часто задерживаются конкременты при их миграции из лоханки, образование которых является одной из причин мочекаменной болезни.

На сегодняшний день существует множество методов лечения этого заболевания. Одним из самых распространенных и менее травматичных является эндоскопическая контактная уретеролитотрипсия. Метод основан на фрагментации конкрементов мочеочочника путем их контактного разрушения, в частности, при воздействии ультразвуковой волны.

В ходе исследования была проведена серия экспериментов: образцы подвергались одноосным испытаниям, по результатам которых были определены механические свойства мочеочочников и конкрементов.

В настоящем исследовании предполагалось, что толщина стенки мочеочочника постоянна, форма конкремента выбрана эллиптической. Построенная трехмерная геометрия импортировалась в конечно-элементный пакет программ, с помощью которого численно моделировалось разрушение конкремента при воздействии ультразвуковой волны.

Проведенные исследования позволили выявить зоны наибольших напряжений и деформаций стенки мочеочочника, а также рассмотреть процесс разрушения камня.

Компьютерная реализация алгоритмов диагностики слабости мышц руки

Алпатов А. П.*, Белоножко П. П.*, Прокопчук Ю. А.**

**Днепропетровск, ИТМ НАН Украины*

***Днепропетровск, Институт технической механики НАН Украины
itk3@ukr.net*

Введение. Диагностика слабости мышц руки – актуальная задача практической неврологии и ортопедии. При слабости мышц руки проводится исследование дельтовидной, двуглавой, трехглавой, плечелучевой мышц, разгибателей кисти и пальцев, мышц тенара и гипотенара. Причины слабости мышц могут быть самые разнообразные, например, при слабости дельтовидной мышцы возможны следующие уровни поражения периферического нейромоторного аппарата: сегментарный (могонеурональный), корешковый (спинномозговой корешок С5), верхний первичный пучок плечевого сплетения, задний вторичный пучок плечевого сплетения, подмышечный нерв, экстранейрональная патология (травма мышцы, костная, суставная патология, слабость неврогического характера, симуляция слабости и т.д.).

Постановка задачи. На основе биомеханического анализа контура управления мышцами руки, анализа нейрофизиологических алгоритмов (по данным литературы) и построения причинно-следственной схемы слабости мышц руки разработать компьютерно-ориентированные версии алгоритмов диагностики слабости мышц руки с использованием концепции «лексических деревьев». Алгоритмы должны включать последовательность нейрофизиологических приемов, позволяющих определить уровень поражения периферической нервной системы.

Решение задачи. Слабость той или иной мышцы руки выявляется с помощью теста: «Снижение максимальной амплитуды поверхностной интерференци-

1. Консервативные и хирургические методы в ринологии./ Под ред. засл. деят. науки РФ, проф. М. С. Плужникова. Изд. «Диалог», СПб. 2005.

2. Городецкий А. Е., Тарасова И. Л., Артеменко Ю. Н., Козлов В. В. Вычисления в системах управления. СПб. Изд-во Политехн. ун-та, 2006.- 480 с.

О колебаниях упругого слоя с неровной нижней границей

Углич П. С.

*Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
puglich@inbox.ru*

Рассматриваются прямая и обратная задачи об установившихся колебаниях слоя с неровной нижней границей. Для решения прямой задачи используется метод граничного элемента. Также рассматривается обратная задача об определении формы неровной нижней границы по характеру колебаний верхней. Решение обратной задачи сведено к минимизации функционала и реализовано с использованием эволюционных алгоритмов.

Контактная задача для двухслойного сферического шарнира

Чебаков М. И.

*Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
chebakov@math.rsu.ru*

Аналитическими методами исследована осесимметричная задача теории упругости о взаимодействии абсолютно жесткого шара с внутренней поверхностью двойного сферического слоя. Внешняя поверхность слоя закреплена, в зоне контакта отсутствуют силы трения.

Для поставленной задачи впервые построена трансформанта ядра интегрального уравнения в явном виде, изучены ее некоторые свойства. Для решения интегрального уравнения использованы два метода: прямой метод коллокаций, который позволяет получить достаточно точное решение задачи практически при любых значениях параметров с небольшими затратами времени современных компьютеров, и асимптотический метод, который дает простое аналитическое решение для относительно малых толщин слоев. Асимптотический метод основан на специальной аппроксимации символа ядра соответствующего парного ряда-уравнения и сведении его к бесконечной системе линейных алгебраических уравнений с сингулярной матрицей.

Дан анализ распределения контактных напряжений, размеров области контакта и перемещения шара в зависимости от значений исходных параметров. Приведены результаты расчетов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 06-08-01257).

Принципы построения нечетких моделей нанобиомехатроники

Тарасова И. Л.

Санкт-Петербург, Институт проблем машиноведения РАН
til@msa2.ipme.ru

Нанобиомеханика – это новое направление в биомеханике, сочетающее биофизическое управление с наномеханикой, электроникой и сенсорикой. Объектами исследования нанобиомехатронике являются отдельные клеточные органеллы (механизмы, устройства), клетки живых организмов и их совокупности, образующие живые системы, процессы взаимодействия между клеточными органеллами, клетками и живыми системами, процессы взаимодействие между живыми и не живыми устройствами и системами, а так же процессы управления и адаптации в симбиозах живых и неживых систем.

Математические и компьютерные модели объектов нанобиомехатроники, например органелл, создают для выявления отдельных особенностей их поведения и прогнозирования условий их видоизменения и отказов без проведения сложных, дорогостоящих, а часто и небезопасных экспериментальных исследований.

Биофизические и биохимические процессы взаимодействия, управления и адаптации различных клеточных органелл, клеток и их совокупностей, образующих живые системы, определяющие энергетические, временные, частотные и другие закономерности, плохо изучены и соответственно не поддаются четкому математическому описанию [1]. Поэтому на данном этапе изучения клеточных органелл целесообразно строить их нечеткие имитационные модели [2], объясняющие поведение указанных объектов исследования. Получаемые на таких моделях результаты во многом схожи с наблюдениями и измерениями, которые можно было бы получить в результате натурных клинических исследований. Применение данного подхода особенно важно в случаях, когда моделируемый объект достаточно сложен и/или прямой эксперимент невозможен.

Построение нечеткой имитационной модели включает следующие этапы: концептуальная постановка задачи моделирования, анализ неопределенностей и выбор типа их нечеткого моделирования, отнесение моделируемого объекта к одному из предлагаемых классов нечетких моделей, полное алгоритмическое описание модели с заданием диапазонов варьирования исходных данных и/или их статистических характеристик, выбор программных средств компьютерной реализации модели и написание программы, реализующей модель, отладка программы и проверка адекватности модели на специально подобранных примерах, выбор вычислительного метода оптимизации модели и его реализация, выбор и/или разработка специальных программных средств графического представления результатов компьютерных экспериментов и их проведение с анализом результатов.

Каждый из перечисленных этапов обладает определенной спецификой и особенностями, связанными с моделируемыми неопределенностями и используемым математическим аппаратом, которые достаточно подробно анализируются в докладе.

онной ЭМГ с <мышцы> / Есть; Нет?». Если результат теста «Есть», то выполняется алгоритм дифференциальной диагностики (АДД) «Слабость <мышцы>». АДД реализованы с помощью лексических деревьев. Пример:

АДД «Слабость дельтовидной мышцы»

|Стимуляционная ЭМГ подмышечного нерва?

|Есть изменения

|—Стимуляционная ЭМГ кожно-мышечного нерва?

|—Есть изменения

|—Игольчатая ЭМГ дельтовидной мышцы?

|—Есть изменения

|—[Поражение мотонейронов]

|—Нет изменений

|—[Пораж. верхнего первич. пучка плечевого сплетения]

|—Нет изменений

|—Стимуляционная ЭМГ лучевого нерва?

|—Есть изменения

|—Игольчатая ЭМГ дельтовидной мышцы?

|—Есть изменения

|—[Поражение мотонейронов]

|—Нет изменений

|—[Пораж. задн вторич. пучка плечев сплетения]

|—Нет изменений

|—ССВП на стим. кожи нижней части наруж поверх. плеча?

|—Есть изменения

|—[Поражение корешка С5]

|—Нет изменений

|—[Поражение подмышечного нерва]

|—Нет изменений

|—ССВП на стимул. кожи нижней части наружной поверхности плеча?

|—Есть изменения

|—[Поражение корешка С5]

|—Нет изменений

|—Игольчатая ЭМГ дельтовидной мышцы?

|—Есть изменения

|—[Поражение мотонейронов]

|—Нет изменений [

|—[Экстранейрональное поражение]

Результаты работ могут найти применение как в практическом здравоохранении, так и в медицинских научных исследованиях.

Метод граничных уравнений в задачах расчета статических и стационарных полей на графах электрических цепей

Байрамкулов К. Н.

Новочеркасск, ЮРГТУ (НПИ)

kazim82@mail.ru

В данной работе на примере задачи о плоскопараллельном стационарном магнитном поле в кусочно-однородной среде рассматривается возможность применения метода граничных уравнений на графах электрических цепей.

Исходная краевая задача выглядит как:

$$\begin{cases} \operatorname{rot} \bar{H} = \begin{cases} \bar{\delta} & \text{на } S_k, \\ 0 & \text{на } S \setminus S_k, \end{cases} \quad \bar{\delta} = \bar{\varepsilon}_z \delta; \\ \operatorname{div} \bar{B} = 0; \quad \bar{B} = \mu \bar{H}; \quad \mu = \mu^\pm & \text{на } S^\pm; \\ B_n^+ = B_n^-, \quad H_\Gamma^+ = H_\Gamma^- & \text{на } \Gamma; \\ |\bar{B}(M)| \xrightarrow{M \rightarrow \infty} 0, \end{cases} \quad (1)$$

(S_k – сечения катушки). В нашей постановке условие соленоидальности индукции \bar{B} магнитного поля, входящего в (1), может быть удовлетворенно представлением $\bar{B} = [\operatorname{grad} \varphi \bar{\varepsilon}_z]$. Задача (1) приближенно преобразуется в краевую задачу для φ на графе электрической цепи Кирхгофа (ЭЦК), которая строится методом энергетического баланса. На графе ЭЦК она выглядит как:

$$\begin{cases} \Delta \varphi(q) = \begin{cases} J, & q \in M_J, \\ 0, & q \notin M_J \cup M_\Gamma, \\ i_q(r - R), & q \in M_\Gamma, \end{cases} \\ \varphi(q) \xrightarrow{q \rightarrow \infty} 0, \end{cases} \quad (2)$$

где M_q – множество узлов, соединенных ветвями с M_q , $J = \frac{\mu^+ i}{W}$, i – полный ток катушки, $2W$ – число неустранимых узлов, входящих в множество M_J (лежащих в сечении катушки), M_Γ – множество граничных (в которых сходятся ветви с разными сопротивлениями) узлов. Задача (2) сводится к граничному матричному уравнению. Для этого используется представление

$$\varphi(p) = - \sum_M R(p, q) \Delta \varphi(q), \quad (3)$$

(M – множество всех узлов графа) через фундаментальное решение $R(p, q)$ уравнения Лапласа на бесконечном графе (нахождение $R(p, q)$ составляет отдельную задачу). После технически несложных преобразований матричное уравнение приобретает вид

$$I = \lambda AI + B, \quad (4)$$

где $I = \{i_k\}_{k=1}^m$ – вектор граничных токов; $\lambda = \frac{r - R}{R + r}$, $B = \{b_p\}_{p=1}^m$, $A = \{a_{pq}\}_{p, q=1}^m$. Исследование уравнения (4) в классе ограниченных распределений с нулевыми

Предложенная модель может быть легко модифицирована для изучения влияния эффектов следующего порядка малости, таких как:

1. зависимость коэффициентов диффузии компонентов биологической жидкости от концентрации;
2. кросс-диффузия;
3. термо- и концентрационно-капиллярных течений.

Разработанный нами подход позволяет учесть влияние на перераспределение компонентов в высыхающей капле многокомпонентной жидкости диффузии и вызванного испарением капиллярного течения, если известен закон, описывающий плотность потока пара над поверхностью капли. Мы предполагаем провести исследование того, как выбор модели для описания плотности потока пара влияет на перераспределение компонентов. Кроме того, предполагается провести дополнительный учет зависимости скорости капиллярного течения от высоты.

Предложенная нами модель в существующей форме может быть использована для описания пространственно-временной динамики компонентов только на начальных стадиях испарения. Для того, чтобы модель была справедливой и на более поздних стадиях, мы предполагаем дополнительно учесть фазовые переходы золь–гель для белка и раствор–кристалл для соли. Для учета образования твердой фазы по краям высыхающей капли предполагается использовать подход, предложенный в статье Popov Yu. O. Evaporative deposition patterns: Spatial dimensions of the deposit // Phys. Rev. E. Vol.71, 036313 (2005), совместно с разработанной нами моделью.

Предложена и исследована модель перколяции неточечных объектов («иглолок») на простой кубической решетке. В результате компьютерных экспериментов определен порог перколяции – 0.2555 и порог наиболее плотного заполнения (jamming) – 0.94. Полученные результаты позволяют оценить концентрацию альбумина, при которой начинает формироваться гелевая матрица в высыхающей капле биологической жидкости, и наибольшую возможную долю твердого вещества в гелевой матрице.

Предложенная модель может быть легко модифицирована для изучения смешанной перколяции, т.е. позволяет исследовать влияние загрязнения поверхности альбумина продуктами метаболизма на свойства образующегося геля.

Планируется использовать полученные в рамках разработанных нами моделей данные о пространственно-временной динамике концентрации компонентов для моделирования роста кристаллов в центральной части капли на последних стадиях ее высыхания.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ 06-02-16027-а «Исследование механизмов дегидратационной самоорганизации биологических жидкостей».

на языке среды Maple, генерирует уравнение равновесия и граничные условия, создает файл в формате языка C++, затем запускает компиляцию программы и ее выполнение без непосредственного участия пользователя. Далее Maple-программа считывает и обрабатывает файл с результатами работы внешнего модуля и визуализирует их. Для компиляции программы используется freeware C/C++ компилятор Digital Mars. Для большинства рассмотренных задач время работы при использовании внешнего вычислительного модуля в десятки раз меньше времени работы с использованием встроенных средств Maple.

В докладе представлены данные о достаточно точном совпадении результатов внешнего модуля и встроенных средств Maple на примере нескольких задач. В частности, представлены результаты анализа растяжения и кручения полого упругого цилиндра при наличии винтовой дислокации. Получены зависимости между параметром дислокации (вектором Бюргенса), относительным удлинением и относительным углом закручивания.

Исследована зависимость удлинения цилиндра от вектора Франка содержащейся в нем дислокации. Показано, что для упрощенного материала Блейтца и Ко наличие дислокации независимо от ее знака приводит к уменьшению длины полого цилиндра. Рассмотрение более общей модели материала показало, что такое влияние дислокации на удлинение не является однозначным. Изучена задача о порообразовании вокруг оси винтовой дислокации. Для упрощенной модели материала Блейтца и Ко численно показано, что для полого цилиндра с достаточно малым радиусом полости образование винтовой дислокации вызывает увеличение внутреннего радиуса цилиндра, пропорциональное величине дислокации и не зависящее от размера начальной полости, что хорошо согласуется с известным фактом невозможности существования винтовой дислокации в сплошном цилиндре.

Моделирование процессов переноса и фазовых переходов в высыхающих каплях биологических жидкостей

Тарасевич Ю. Ю.

*Астрахань, Астраханский государственный университет
tarasevich@aspu.ru*

Интерес к процессам, протекающим при высыхании капель биологической жидкости, связан с задачами медицинской диагностики.

Нами разработана и исследована модель, описывающая пространственное перераспределение компонентов в высыхающей капле многокомпонентной жидкости. Показано, что при высыхании сидячей капли биологической жидкости диффузионные процессы в значительной степени подавляют вынос капиллярными течениями соли на край капли, но не оказывают заметного влияния на движение коллоидных частиц (Тарасевич Ю.Ю., Православнова Д.М. Качественный анализ закономерностей высыхания капли многокомпонентного раствора на твердой подложке // ЖТФ, 2007, т.77, вып.2, с.17–21. Tarasevich Y.Y., Pravoslavnova D.M. Segregation in desiccated sessile drops // Eur. Phys. J. E, 2007, vol. 22).

средними значениями на M_T показало его корректность. Отметим, что равенство (3) даст ответ задачи (2), если предварительно решить уравнение (4) и, таким образом, определить граничные токи. На основе описанного выше метода создан быстродействующий программный модуль, с помощью которого проведен ряд расчетов для прикладных задач электромеханики.

Идентификация реологических свойств полимеркомпозитов с помощью генетических алгоритмов

Баранов И. В., Рожков Е. В., Соловьев А. Н., Стрельникова А. В.

*Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
ig_bar@rambler.ru*

В работе рассматривается проблема нахождения коэффициентов демпфирования полимеркомпозитного материала в рамках моделей, используемых в конечноэлементных комплексах ACELAN и ANSYS. С этой целью разработана лабораторная установка, в которой с помощью пьезоэлектрических актуаторов возбуждаются колебания плоской панели, вырезанной из лонжерона лопасти несущего винта вертолета. В эксперименте определяются частоты резонанса. Далее строится конечноэлементная модель конструкции, с помощью которой в ACELAN в сочетании с оригинальным генетическим алгоритмом уточняются упругие модули и коэффициенты демпфирования на основе данных эксперимента.

Работа выполнена при финансовой поддержки РФФИ (гранты 05-01-00690, 05-01-00734, 06-01-08041).

Математическое моделирование тактики лечения больных с hallux valgus

Баталов О. А., Ежов М. Ю.

*Н.Новгород, ФГУ «ННИИТО Росздрава»
ortho@pochta.ru*

Предложена система алгоритмирования оценки состояния стопы и математическое моделирование процесса лечения hallux valgus. При изучении архива историй болезни более 500 пациентов (с 1954 по 2007 г.) примененная им техника хирургической коррекции стоп оказалась представленной многочисленными классическими, а нередко и уникальными вариантами исполнения. Были составлены перечни использованных хирургических приемов, элементов оперативного вмешательства и их комбинаций, которые обеспечили стойкие хорошие и отличные результаты. Были пронумерованы унифицированные нами диагнозы и все, примененные в процессе операции, технические приемы и аппараты. Получилось распределение по 32 существенно различным вариантам патологии 64 разных технических приёмов, что было сведено в единую компьютеризованную таблицу.

С целью планирования оперативного вмешательства 34 больным было проведено компьютерное алгоритмирование, что позволило определить оптимальное техническое решение коррекции hallux valgus. При этом учитывались некоторые биомеханические особенности тканей первого плюснефалангового сустава. Поскольку излишнее натяжение капсульного лоскута (при выполнении элемента операции Шеде) может приводить к возникновению условий для варусной деформации пальца, адекватная его величина была математически рассчитана (рац. предложение № 2310 от 23.05.03, ННИИТО). Расчёту с применением математического моделирования подлежала величина клиновидных резекций, необходимость стяжки поперечного свода с помощью спиц, обосновывалось использование аутоотрансплантатов (рац. предложение № 2309 от 23.05.03, ННИИТО) с учётом индексов предоперационного состояния первой плюсневой кости (рац. предложение № 2301 от 12.03.03, ННИИТО; Пат. № 2233113 от 27.07.04, ННИИТО). Было уделено внимание моменту устранения ротационной деформации первой плюсневой кости, что является важным компонентом устранения синдрома hallux valgus. Это имеет большое значение для сохранения адекватного соотношения между длиной первой плюсневой кости и длиной сухожилий мышц первого луча стопы.

Из 54 больных, которым было проведено компьютерное алгоритмирование тактики лечения с учётом биомеханики стопы, 32-м была выполнена клиновидная остеопластика с последующей фиксацией в анкерном аппарате внешней фиксации. 26 больным фиксация осуществлялась с помощью билатерального аппарата, 6 – молатерального аппарата массой 30 г. Суммарная балльная оценка у больных перед операцией была равной 30-38 баллов (III степень hallux valgus). После коррекции всех элементов деформации общая балльная оценка повысилась до 45-50% (норма составляет 50 баллов).

У больных, которым выполнялась клиновидная остеопластика без предоперационного моделирования, послеоперационная балльная оценка составила 37-48 баллов (II – III степень), в среднем 42 балла. У 100% больных, которым было проведено компьютерное алгоритмирование тактики лечения, результаты были хорошими и отличными, а балльная оценка составила в среднем 47 баллов.

Спиральные течения Пуазейля малой амплитуды

Батищев В. А.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
batish@math.rsu.ru

На основе системы Навье-Стокса изучены спиральные вращательно-симметричные течения жидкости в неподвижной цилиндрической трубке, вызванные вихревыми возмущениями. Решение задачи может объяснить возникновение спиральных (“винтовых”) течений жидкости в кровеносных сосудах. Показано, что стационарные спиральные возмущения проникают в трубку на конечное расстояние, зависящее от числа Рейнольдса, причем ниже по потоку формируется течение Пуазейля. Рассчитаны две ветви стационарных режимов для всех чисел

Современные компьютерные технологии преподавания естественнонаучных дисциплин

Сурков Ф. А.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
sur@gis.rsu.ru

Несмотря на взрывное развитие информационно-коммуникационных технологий в последние два десятилетия, на рынке обучающих программ не произошло появления явных лидеров – производителей такого программного обеспечения или стандартов в его представлении, как это случилось в этот же период с операционными системами, браузерами и офисными программами. Обсуждаются причины этого явления, приводятся примеры удачных решений в области компьютерных технологий преподавания естественнонаучных дисциплин. Создание дружественной среды для реализации творческого потенциала пользователей Интернет (блоги, Wikipedia, Garpinder’s Trendalyzer, многочисленные инициативы Google, в частности Google Earth) представляется перспективным направлением и в развитии обучающей среды естественнонаучных дисциплин.

Построение вычислительного комплекса на основе C++ и Maple и использование его для решения нелинейных задач теории упругости

Сухов Д. Ю.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
devit or@mail.ru

Описана разработанная автором вычислительная система Maple — C++ решения нелинейных задач теории упругости для тел канонической формы. Интерфейс системы реализован средствами библиотеки Maplets среды Maple, благодаря чему создан стандартный оконный интерфейс Windows/Unix, реализованный средствами Java. При работе программы пользователь получает возможность выбрать комбинацию отсчетной и текущей систем координат, полубратное представление деформации, доступное для данной комбинации систем координат, а также вид функции удельной потенциальной энергии материала (в настоящий момент доступны полный материал Блейтца и Ко и две его употребительные разновидности: упрощенный и гипотетический, а также материал Мурнагана). Результаты расчетов отображаются графически в рамках того же оконного интерфейса.

Одним из главных недостатков среды Maple является ее низкая скорость при численных расчетах. Общая практика увеличения скорости программ в таких случаях состоит в подключении внешнего модуля (external solver), написанного на одном из компилируемых языков. В рамках данного комплекса создана программа на языке C++, использующая известные алгоритмы методов Рунге-Кутты и Ньютона для решения краевых задач. Часть комплекса, написанная

предложенного решателя на примерах моделирования конкретных, ранее исследованных, задач. В дальнейшем, разработанный решатель, планируется применить в задаче определения эффективных упругих и пьезоэлектрических свойств композитной пьезокерамики нерегулярной структуры.

Кроме того, с помощью Microsoft Visual Studio 2005, на языке C#, разработана утилита, позволяющая визуализировать процесс конечно-элементного моделирования пористого композита с нерегулярной структурой пор и управлять их распределением. Исходной информацией являются данные о размерах тела, о его разбиении и первоначальном распределении пор. Данная утилита была разработана с целью реализации следующих возможностей:

- отображения номера каждого конечного элемента;
- изменения первоначального распределения пор, при помощи мышки; (или возможность изменения состояния конечного элемента с поры на не пору)

Работа выполнена при финансовой поддержки РФФИ (гранты 05-01-00690, 06-01-08041).

Реконструкция локализованных неоднородностей в твердых тканях

Солуянов Н. О.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
sol.nik@mail.ru

В работе рассмотрены задачи о реконструкции малых полостей и включений в одномерных и двумерных структурах, в которых возбуждаются установившиеся колебания. На основе анализа прямой задачи для одномерной структуры, содержащей полость, получены зависимости первых резонансных частот от характерных параметров дефекта (координаты центра, объем). Проведен анализ этих зависимостей и установлены области изменения частот, когда эти зависимости взаимнооднозначны. В линеаризованной постановке для обратных задач построены интегральные уравнения относительно функции, характеризующей форму дефекта. Интегральные операторы в этих уравнениях имеют гладкие ядра, их обращение является некорректной задачей и требует применения процедуры регуляризации. В настоящей работе рассмотрен наиболее важный для практики случай, когда требуется восстановить местоположение и объем дефекта независимо от конкретной формы его поверхности. При этом применен метод регуляризации на компактных (или конечномерных) множествах, когда дефект параметризуется конечным числом параметров и восстанавливается в классе цилиндрических полостей или включений. Решение интегрального уравнения сводится к определению двух (стержень) или трех (пластина) параметров из функционального уравнения, справедливого в некотором частотном диапазоне. На основе предложенной схемы проведена серия вычислительных экспериментов по реконструкции полостей и включений различного вида. Представлены численные результаты, показавшие достаточную эффективность предлагаемого подхода.

Работа выполнена при поддержке РФФИ.

Рейнольдса – численно для конечных и асимптотически для больших значений. Для одной ветви решений профиль скорости заполняет все сечение цилиндра, причем с ростом числа Рейнольдса этот профиль имеет конечный предел, однако пограничных слоев не возникает. Для второй ветви решений формируется пограничный слой вблизи стенки цилиндра. Влияние нелинейности приводит к торможению потока вблизи твердой стенки. Проведено сравнение с экспериментальными данными.

В нестационарном случае область спиральных возмущений может заполнять всю длину трубки. Диспергирующие спиральные моды могут перемещаться как вверх, так и вниз по потоку. При больших числах Рейнольдса формируются тонкие вязкие “критические” слои либо вблизи оси цилиндра, либо вблизи твердой стенки. Рассчитаны спиральные возмущения в виде “бегущих” волн. При малых волновых числах решения построены численно и асимптотически для всех чисел Рейнольдса в промежутке от нуля до бесконечности. Для конечных волновых чисел решения построены численно. Спиральные вращательно-симметричные “бегущие” волны оказались затухающими по времени.

Таким образом, перемещающиеся вниз по потоку спиральные моды могут объяснить наличие спиральных (“винтовых”) режимов течений жидкости в кровеносных сосудах.

Влияние параметров оболочек глаза на показатели внутриглазного давления

Бауэр С. М.*, Качанов А. Б.**, Новак Я. Н.**, Семенов Б. Н.*

**Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет*

***Санкт-Петербург, СПб филиал ФГУ МНТК «Микрохирургия глаза*

Россоцздрава»

semenov@bs1892.spb.edu

Проведен статистический анализ влияния толщины и кривизны роговицы, а также передне-задней оси глаза на показатели внутриглазного давления при измерении ВГД по методу Маклакова, с использованием тонометра Гольдмана (Модель АТ 900 С/М) и при бесконтактной пневмотонометрии. Проведены также расчеты с использованием математических моделей аппланационной тонометрии.

Модели аппланационных методов измерения внутриглазного давления

Бауэр С. М., Семенов Б. Н.

Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет

s_bauer@mail.ru

При использовании аппланационных методов измерения внутриглазного давления ВГД на роговицу глаза помещается груз с плоским основанием. Под действием этого груза роговица деформируется. Далее или при заданной величине

груза регистрируют диаметр зоны контакта груза и роговицы и по измеренному диаметру оценивают ВГД (метод Маклакова), или устанавливается нагрузка, необходимая для достижения определенного диаметра зоны контакта и по величине прикладываемой нагрузки также оценивается ВГД (метод Гольдмана).

Рассматриваются модели, описывающие апланационные методы. Глазное яблоко моделируется двумя сопряженными оболочками. В аналитической модели роговица представлена как сегмент мягкой сферической оболочки, склера моделируется сегментом изотропной оболочки более общей формы – эллипсоидальным.

Проведено также конечно-элементное моделирование задачи в программном пакете ANSYS версия 9.0. При этом роговица представлена как ортогрозная оболочка, склера описывается как трансверсально-изотропная оболочка.

О переходе в конвекцию в трехмерном слое вязкоупругой микрополярной жидкости

Белов К. Л.*, Еремеев В. А.**

**Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет*

***Ростов-на-Дону, Южный научный центр РАН*

eremeev@math.rsu.ru

Рассмотрена задача о неустойчивости трехмерного горизонтального слоя тяжелой вязкоупругой микрополярной жидкости, подогреваемой снизу (аналог задачи Рэлея). Получены линеаризованные уравнения движения и теплопроводности. В рамках изученной модели возможен учет вращательного взаимодействия частиц жидкости между собой, а также предпочтительной ориентации частиц. Получены решения линеаризованной краевой задачи для некоторых типов краевых условий. Проведено сравнение критических чисел Рэлея со случаями ньютоновской жидкости и вязкой микрополярной жидкости.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Фонда содействия отечественной науке.

Об одномерных гистерезисных операторах

Белоконов А. В., Скалиух А. С.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

skaliukh@math.rsu.ru

Математические модели необратимых процессов, разработанные для простейших механических и физических систем, в дальнейшем могут послужить основой для моделирования многих процессов в биомеханике. Примером такой модели может служить отклик системы на внешние возмущения. Как правило, график зависимости функции отклика от циклической функции входа представляет собой петлю гистерезиса. Гистерезис в переводе с греческого означает «запаздывание в прибытии». Первопричиной гистерезисных явлений в физических

Задача чистого изгиба нелинейно упругого полого цилиндра при наличии внутреннего давления

Соколов А. В.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

arcady_sokolov@mail.ru

В рамках теории больших деформаций разработана постановка задачи о чистом изгибе полого цилиндра, нагруженного внутренним давлением. Материал цилиндра предполагается несжимаемым.

Деформация, описывающая изгиб цилиндра, задается в виде двухпараметрического семейства, предложенного А. А. Зелениной и Л. М. Zubовым.

Исследуемая задача нелинейной теории упругости сведена к системе дифференциальных уравнений в частных производных относительно двух неизвестных функций от двух независимых переменных.

Разработана вариационная постановка задачи с использованием функционала типа Лагранжа. Решение данной задачи в вариационной постановке проведено при помощи метода Рунге. В качестве пробных функций выбраны полиномы второго порядка от координат поперечного сечения цилиндра.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (05-01-00638).

Моделирование композитов нерегулярной структуры в ACELAN

Соловьев А. Н., Чмутова Г. Д.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

soloviev@math.rsu.ru

Как известно, использование пьезокомпозитных материалов позволяет конструировать пьезоэлектрические преобразователи с характеристиками, которыми можно управлять, используя тот или иной композитный состав. Одним из таких материалов является пористая керамика с регулярной или нерегулярной системой пор. Следует отметить, что несмотря на ряд разработанных методик, задача определения полного набора материальных констант пьезокерамики остается актуальной и на сегодняшний день.

Данная работа посвящена конечно-элементному моделированию композитов нерегулярной структуры. Предложенная возможность реализована с помощью конечно-элементного пакета ACELAN, разрабатываемого на кафедре математического моделирования ЮФУ. На базе этого комплекса был создан решатель, позволяющий рассматривать задачи на установившиеся колебания конструкций, содержащие композитные материалы. Осуществлена программная реализация задания процентного содержания пор в композите. Предложенный решатель позволяет изменять полный набор материальных констант пор, а также реализована возможность подсчета объемного содержания пор. Проведено тестирование

Моделирование и исследование напряжений в стенке левого желудочка в норме и патологии

Смирнова М. Ю.

*Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет
smu_r@mail.ru*

Выбор рациональной тактики лечения больных с постинфарктными аневризмами сердца сложная проблема современной кардиохирургии.

Необходима разработка четких критериев показаний к радикальному хирургическому вмешательству. Определение напряженного состояния в стенке патологически измененного левого желудочка имеет как диагностическое, так и тактическое значение при определении объема хирургического вмешательства. От напряжения в стенке левого желудочка зависят компенсаторные и патологические процессы, происходящие в желудочке: 1) развитие инфаркта; 2) истончение зоны инфаркта; 3) расширение полости желудочка; 4) гипертрофия сохранных сегментов миокарда. Характер напряженно-деформированного состояния стенки левого желудочка позволят разграничить фиброзные и фиброзно-мышечные аневризмы и оценить состояние мышечных тканей в зоне аневризматического образования.

При построении содержательных моделей вводятся допущения: 1) материал желудочков однородный, изотропный, вязкоупругий, а аневризмы – неоднородный, изотропный, вязкоупругий; 2) толщина стенки аневризмы и ее модуль упругости могут изменяться по произвольному закону и определяются в соответствии со стадией развития.

Геометрические параметры исследуемого биологического объекта пациента определяются по данным клинического анализа (вентрикулография, эхокардиография, томография), который позволяют с хорошей разрешающей способностью измерить кривизну полости миокарда и толщину его стенки и задать геометрические параметры миокарда конкретного пациента.

Механические свойства биологических структур введены по данным экспериментальных исследований биологических структур *in vitro*.

В результате построены компьютерные модели левого желудочка сердца в норме, с некротизированным сегментом стенки, с разрывом стенки, и с аневризматическим образованием и проведен анализ напряженно-деформированного состояния в структурах сердца. Проведены исследования в зависимости от геометрических и механических параметров.

системах является внутренняя перестройка структуры. Моделирование гистерезисных зависимостей с позиций механики сплошных сред связано с построением определяющих соотношений между независимыми внешними и сопряженными к ним внутренними параметрами термодинамической системы. В первую очередь это проявляется в материалах, у которых определяющие соотношения выражаются в виде операторных соотношений, зависящих от предыстории нагружения. В такие операторы время может входить явно, как в случае операторов старения, или не входить, как в случае операторов пластичности, поляризации и намагничивания квазистатических процессов. Кроме того, гистерезисные операторы могут строиться с условием независимости внутренних параметров от скорости изменения внешних, тогда они называются «темповнезависимыми», в противном случае они представляют «темповзависимые» гистерезисные операторы. В настоящей работе даётся обзор гистерезисных операторов поляризации, намагничивания и пластичности в одномерных случаях.

В пластичности с помощью реологических моделей Сен-Венана и Гука путем последовательного, параллельного и комбинированного включений можно построить гистерезисные операторы Прандтля–Ишлинского и Прагера, описывающие зависимость между напряжением и деформацией. Какой из этих параметров является входом, а какой выходом определяется схемой включения. Полученные операторы могут описывать изотропное или трансляционное упрочнение, но не предназначены для описания эффекта насыщения пластическими деформациями.

В поляризации с помощью электромеханических аналогий также можно построить гистерезисные операторы Прандтля–Ишлинского и Прагера, но для описания эффекта насыщения лучше подходят модели Прейзаха и Джилла–Атертона. Обе эти модели используются также и в намагничивании ферромагнитных материалов. Модель Прейзаха использует понятие элементарного гистерона и вероятного их непрерывного распределения по интенсивным и коэрцитивным полям. Поляризация определяется как вероятность переключения гистеронов в электрическом поле с известной функцией плотности распределения вероятности. Интегральная зависимость порождает «темповнезависимый» гистерезисный оператор. Модель Джилла–Атертона получается на основе техники двухуровневой сплошной среды, порождая гистерезисный оператор, описываемый обыкновенным дифференциальным уравнением с пятью параметрами, найденными из условия совпадения модельной и экспериментальной кривой.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 05-01-00752-а.)

Моделирование динамического поведения мышечной ткани

Беляк О. А., Ватульян А. О., Явруян О. В.

*Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
vatulyan@math.rsu.ru*

В рамках феноменологической модели Децерева проведен анализ скорости сокращения мышечного волокна в зависимости от различных законов изменения силы.

На основе этой модели сформулирована нелинейная система обыкновенных дифференциальных уравнений, связывающая динамику поведения мышечной ткани, число тянущих и тормозящих мостиков, скорость сокращения мышцы и приложенную силу, причем стационарное решение этой системы задает известное соотношение Хилла «сила-скорость».

В рассматриваемом нестационарном случае построен итерационный процесс, позволяющий строить решение системы. Произведен прямой численный анализ системы обыкновенных дифференциальных уравнений на основе метода Гира. Изучены закономерности поведения скорости сокращения мышечного волокна в зависимости от закона изменения силы, проведено сравнение с известными частными случаями аналитического интегрирования исходной системы.

Приведены результаты численного анализа и проанализированы некоторые особенности поведения мышечной ткани при нестационарных воздействиях.

Анализ напряженного состояния стенки артериального сосуда во время систолы с учетом предварительных напряжений и винтовой анизотропии

Богаченко С. Е., Устинов Ю. А.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
sbogazh@rambler.ru

В последние несколько десятилетий стали актуальными вопросы, связанные с исследованием волновых процессов в кровеносных сосудах, возникающих во время систолы. В первую очередь, это связано с необходимостью предупреждения и ранней диагностики поражения сосудистого русла, получения данных о трудноизмеримых характеристиках потока. Существует достаточно большое количество экспериментальных работ, но недостаточно физико-математических моделей кровеносных сосудов, с высокой степенью точности отражающих реальную ситуацию.

В первом приближении сосуд представляет собой многослойную цилиндрическую оболочку со слоями, имеющими различные физико-математические свойства, при этом существенную роль играет предварительное натяжение сосуда, возникающее за счет давления крови и предварительного продольного натяжения. Задача усложняется еще и тем, что свойства сосудистой стенки обладают сильной винтовой анизотропией, порождаемой структурой распределения мышечных волокон в стенке артериальных сосудов. Экспериментальные исследования последнего десятилетия показали, что винтовая анизотропия вязко-упругих свойств порождает спиралеобразное движение крови в окрестности интимы. В предыдущих работах это явление исследовано на основе математической модели.

В настоящей работе излагаются некоторые результаты исследований, в которых моделировалось развитие течения крови во время систолы с учетом предварительно напряженного состояния. С учетом этого фактора исследовалась гидродинамика течения крови и напряженно-деформированное состояние стенки во время систолы.

Об определяющих уравнениях в задачах поляризации сегнетокерамик

Скалиух А. С.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
skaliukh@math.rsu.ru

Для квазистатических необратимых процессов деформирования и поляризации сегнетокерамических материалов одной из основных задач выступает построение определяющих соотношений между приращениями деформаций и электрической индукции с одной стороны и приращениями механических напряжений и электрического поля с другой. В трехмерных задачах эта проблема может быть решена методами теории пластичности путем построения функции нагружения с последующим использованием ассоциированного закона. Преимущества метода заключаются в легкости построения определяющих соотношений в приращениях. Недостатки – в сложности написания приемлемой функции нагружения и в аналитическом описании кривых одномерных испытаний. Иногда они аппроксимируются реологическими моделями Прагера, иногда экспоненциально-степенными функциями. В любом из случаев изменяющаяся внутренняя структура материала не учитывается. Наравне с методами пластичности развиваются другие методы, позволяющие учитывать изменение структуры. К их числу можно отнести метод многоуровневых сплошных сред с последующими приемами осреднения. В настоящей заметке рассматривается один из вариантов метода двухуровневой сплошной среды.

На первом этапе с помощью статистики Больцмана и эффективного поля Вейсса выводится векторное предельное соотношение, связывающее поляризацию частицы с приложенным электрическим полем. На втором этапе строится балансное энергетическое соотношение между реальными потерями энергии с одной стороны и максимально возможными потерями, из которых вычтена энергия, необходимая для слома запирающего слоя доменных стенок. Проведя осреднение по объему частицы, получаем систему обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих изменение полной поляризации в частице при воздействии электрического поля. После некоторых вспомогательных предположений удается построить определяющие соотношения в приращениях для различных значений напряженности электрического поля.

Автор признателен РФФИ за финансовую поддержку (грант 05-01-00752-а).

Влияние кориолисовых сил на пространственную квазиравновесную конфигурацию потока несжимаемой жидкости, заключенного в гибкую направляющую

Сергеев А. Д.

Санкт-Петербург, Институт проблем машиноведения РАН
sergeyev@cards.lanck.net

На способность пилотов спортивных и боевых самолетов принимать в экстремальных условиях адекватные решения существенно влияет на допустимые перегрузки при выполнении фигур высшего пилотажа. С этим иногда бывают связаны краткосрочные состояния потери сознания или временная потеря зрения у космонавтов, проходящих предполетные тренировки на центрифугах. Причина в том, что изменение режима кровоснабжения отражается на деятельности мозга и центральной нервной системы. В связи с этим теоретический и прикладной интерес представляет поведение потоков жидкости в поле центробежных сил, моделирующих функционирование кровеносной системы. Однако относительно корректного описания этих процессов в настоящее время в литературе ведется открытая дискуссия.

В работе аналитически решена задача нелинейной динамики о конечных деформациях безынерционной направляющей ломаной, внутри которой находится одномерный поток инерционной жидкости, движущийся с относительной скоростью v_s . Рассматривается замкнутая “жидкая линия” в поле инерционных сил. Уравнения движения системы, имеющей при $\Omega_0 = \text{const}$ и $v_s = \text{const}$ две степени свободы

$$\begin{aligned} \tau_0 \cdot \left[\frac{d\mathbf{K}_{2\Sigma}^Q}{dt} - \mathbf{R}_0 \times \frac{d\mathbf{K}_{1\Sigma}^Q}{dt} \right] &= -\mu_0 \sin \theta_1, \\ (\mathbf{R}_3 - \mathbf{R}_1) \cdot \frac{d(\mathbf{K}_{2,12}^Q + \mathbf{K}_{2,23}^Q)}{dt} - (\mathbf{R}_3 - \mathbf{R}_1) \cdot \left(\mathbf{R}_1 \times \frac{d(\mathbf{K}_{1,12} + \mathbf{K}_{1,23})}{dt} \right) &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Точно построены равновесные конфигурации конструкции, моделирующей движение крови по простейшему замкнутому контуру. Их определяют корни уравнения

$$\frac{\text{tg } \psi}{\sqrt{1+\alpha^2}} \left\{ 1 + \frac{2\alpha^2(1+\alpha)}{1+\alpha^2} (1 - \cos \psi) \right\} - \beta = 0, \quad \alpha = \frac{l_{0,1}}{l_{1,2}}, \quad \beta = \frac{6v_s}{\Omega_0 l_{1,2}}. \quad (2)$$

Устойчивые и неустойчивые решения, отвечающие корням (2), найдены. Рассмотрена также расширенная система, показывающая многообразие возможных форм квазиравновесия потоков жидкости в поле центробежных сил.

При этом преследовались две цели. Первая – исследовать возможности модели путем сравнения результатов расчетов различных полевых характеристик с экспериментальными. Вторая – какой вклад вносят количественно различные моды в распределение скоростей и величины давления. В качестве объекта исследования была выбрана аорта собаки.

Математическое моделирование некоторых параметров походки у больных с разноуровневыми коленными суставами

Богосьян А. Б., Введенский П. С., Донченко Е. В.

Нижегород, Нижегородский НИИ травматологии и ортопедии
vveden@mts-nn.ru

Выравнивание длин конечностей у больных с тяжелой патологией тазобедренного сустава, путем удлинения бедра связано с риском прогрессирования дегенеративно-дистрофических процессов в головке бедренной кости и дестабилизации сустава. Альтернативой удлинению бедра в этой ситуации служит удлинение голени.

Целью настоящего исследования явилось прогнозирование величин моментов сил в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах при изменении у человека пропорций бедра и голени одной конечности и, поэтому, с разным уровнем расположения коленных суставов.

Нами было предпринято математическое моделирование наиболее энергоемких фаз шага – переднего и заднего толчков – с использованием трехзвенной графической схемы нижней конечности. Мы рассчитывали значения межзвездных углов при пошаговом приращении длины голени и одновременном уменьшении длины бедра на 1 см. Используя среднестатистические значения опорных реакций переднего и заднего толчков здорового человека массой 70 кг при среднем темпе ходьбы, мы рассчитывали моменты сил в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах. Показатель момента сил в суставах косвенно характеризует нагрузку, испытываемую суставами во время ходьбы.

Результаты расчетов показали, что при содружественном удлинении голени на величину до 5 см и укорочении бедра на 5 см значения моментов сил в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах изменились по сравнению с исходными следующим образом – в момент переднего толчка на -1,34%, 50,95%, и 0%, в момент заднего толчка на 0%, -1,12% и 0% соответственно. При содружественном изменении длин сегментов на 10 см эти значения изменились на 3,09%; 108,23%, 0% и 0%; -1,98%, 0% соответственно.

Все относительные значения (отношение моментов сил в суставе к общему моменту тела человека), полученные в результате математического моделирования не превышают верхних границ физиологического диапазона: 12% для тазобедренного сустава, 8% для коленного и голеностопного (Фарбер В.С., 1994).

Клинические наблюдения за больными с выраженной патологией тазобедренного сустава и укорочением бедра, которым выравнивание длин конечностей

выполнялось за счет удлинения голени, подтвердили отсутствие каких-либо изменений со стороны суставов нижних конечностей, связанных с изменением пропорций в длинах бедра и голени в пределах 10 см.

Математическое моделирование положения берцовых костей в дистальном отделе голени при врожденной косолапости у детей раннего возраста

Богосьян А. Б., Власов М. В., Тенилин Н. А.
Нижний Новгород, ФГУ «ННИИТО Росздрав»
max_v_74@mail.ru

Существующие методы исследования дистального отдела голени не позволяют точно определить пространственное положение берцовых костей в области голеностопного сустава или имеют ограничения для широкого применения у детей раннего возраста.

Целью исследования является разработка математической модели голеностопного сустава у детей с врожденной косолапостью.

Материалы и методы. На основании антропометрического обследования дистального отдела 91 голени у детей с врожденной косолапостью была построена графическая схема поперечного сечения голеностопного сустава в разные возрастные периоды и разработан способ определения положения берцовых костей в дистальном отделе голени (патент РФ 2288637 от 10.12.2006). Сущность способа заключается в проведении антропометрических измерений в области голеностопного сустава с последующим расчетом положения наружной и внутренней лодыжек относительно центра голеностопного сустава.

Положение внутренней лодыжки большеберцовой кости определяют по формуле: $\alpha = 360^\circ/L \times (L4 - L1)$, наружной лодыжки малоберцовой кости – $\beta = 360^\circ/L \times (L2 - L4)$, где L – длина окружности голени на уровне голеностопного сустава в см, $L4 - 1/4$ длины окружности голени на уровне голеностопного сустава, $L1$ – расстояние между точкой на передней поверхности голеностопного сустава, образованной пересечением проекции механической оси голени с проекцией линии суставной щели голеностопного сустава и серединой внутренней лодыжки, $L2$ – расстояние между точкой на передней поверхности голеностопного сустава, образованной пересечением проекции механической оси голени с проекцией линии суставной щели голеностопного сустава и серединой наружной лодыжки.

Результаты и обсуждение. Математические расчеты подтвердили, что ребенок рождается с нулевым смещением большеберцовой кости в дистальном отделе голени. Однако у поворожденных детей с косолапостью наружная лодыжка расположена сзади относительно центра голеностопного сустава в среднем на $(37,7 \pm 0,7)^\circ$, что свидетельствует об отсутствии совместной торсии берцовых костей в области голеностопного сустава. Установлено, что положение малоберцовой кости в дистальном отделе голени изменяется с возрастом ребенка, и к моменту начала ходьбы у детей с врожденной косолапостью I-II степени отмечается неуклонная тенденция к уменьшению ее смещения до $(21,2 \pm 0,4)^\circ$,

Интегрирование сигналов при идентификации объектов в режиме реального времени с использованием квазиортогонального базиса окаймляющих функций

Седов А. В.
Новочеркасск, Южный научный центр РАН
Sedov_A.V@mail.ru

В современных микропроцессорных системах идентификации, управления сложными объектами, работающих в режиме реального времени, зачастую встает задача интегрирования измеренных сигналов $\varepsilon(t)$. Предлагается для интегрирования сигналов использовать квадратурную формулу, построенную на основе окаймляющих функций. Ее использование позволяет повысить точность расчета и при этом реализовать контроль за точностью интегрирования по общепринятым в теории управления частотным характеристикам, не вычисляя производные сигнала, как это делается в известных квадратурных формулах на основе полиномиальной интерполяции, например, в формулах Ньютона-Котеса.

Предлагаемая квадратурная формула на основе окаймляющих функций $S_N^{t/T-k}$ [1] имеет вид

$$\begin{aligned} I(t) &= \int_0^t \varepsilon(\tau) d\tau \approx \int_0^t \sum_{k=0}^{N-1} \varepsilon[kT] S_N^{\tau/T-k} d\tau = \sum_{k=0}^{N-1} \varepsilon[kT] \int_0^t S_N^{\tau/T-k} d\tau = \\ &= \sum_{k=0}^{N-1} \varepsilon[kT] \left(t/N + T/\pi \sum_{n=1}^{(N/2)} [1/n (\sin(2\pi n(t/T - k)/N) + \sin(2\pi nk/N))] \right) = \\ &= \sum_{k=0}^{N-1} \varepsilon[kT] \mathbf{S}(t, N, T, k) \end{aligned}$$

При измерении должна быть известна граничная частота ω_B сигнала, так как она определяет интервал дискретизации T , а также общий интервал наблюдения $T_c = NT$. В случае выполнения условия $T < \pi/\omega_B$ приведенная формула дает точный результат интегрирования. При не выполнении условия возникающая погрешность может быть легко оценена.

Использование $S_N^{t/T-k}$ позволяет связать в одну задачу: 1) выбор шага дискретизации T по времени и 2) оценку погрешности интегрирования по квадратурной формуле. Обе задачи базируются при этом на привычном частотном представлении интегрируемого сигнала $\varepsilon(t)$ и при этом параллельно позволяют, если необходимо, решать задачу фильтрации измеряемого сигнала. Повышение точности интегрирования в случае использования предложенной формулы не приводит к вычислительно неустойчивой задаче и представляет собой разложение $I(t)$ по новому базису интегрально-окаймляющих функций $\mathbf{S}(t, N, T, k)$, которые можно рассматривать как динамически настраиваемые квадратуры в зависимости от спектра сигнала.

Литература

- [1] Седов А.В. Интерполяция и фильтрация сигналов в многократных микропроцессорных системах моделирования, контроля и управления // Изв. вузов. Электромеханика. 2003. №4 С. 45-50.

- описание моделей,
- апплеты и flash-ролики, демонстрирующие выполнение процессов и моделей.

Каждый компонент предварительно готовится с помощью соответствующих программ (текстовый редактор, графический редактор, компилятор языка Java, Macromedia Flash) в виде файла.

Для обеспечения гибкости, структура учебника хранится в базе данных.

Сами компоненты учебника хранятся в файлах, расположенных в отдельных каталогах. Формирование (корректировка и расширение) учебника осуществляется с помощью вспомогательной программы, осуществляющей размещение компонентов в соответствующих каталогах и, одновременно, заполняющей необходимую информацию в базе данных. Чтобы избежать конфликта имен файлов, программа сама формирует уникальные имена.

Выполняя запросы к базе данных, можно:

- получить описание полной структуры учебника – главы, разделы, подразделы;
- получить имя файла, в котором содержится текст каждого подраздела;
- получить список имен файлов, в которых содержатся иллюстрации к тексту;
- получить список имен файлов, в которых находятся описания моделей;
- получить список имен файлов, в которых находятся апплеты и flash-ролики.

По результатам запросов формируются Html-файлы, представляющие текст учебника. Сформированные Html-файлы могут быть сохранены. В этом случае учебник в виде готовых Html-страниц и каталогов, в которых хранится весь материал учебника – тексты, рисунки, программы, апплеты, flash-ролики, может быть передан в электронном виде студентам.

Если же материал учебника представляется через Интернет, то Html-страницы формируются при обращении к учебнику и уничтожаются после работы с ним. При этом любые внесенные изменения, становятся доступны сразу при очередном обращении к учебнику.

Html-страницы, представляющие учебник, имеют фреймовую структуру. Слева представлено оглавление учебника. В центре расположен текст одного из разделов. Справа располагаются иллюстрации к тексту, если они есть. Внизу приводятся описания моделей, которые относятся к данному разделу. Рядом с текстом программы находится кнопка «Выполнить», при нажатии на которую запускается апплет или flash-ролик.

Выводы.

1. Составлена концептуальная модель представления структуры учебника. Разработана структура базы данных, для хранения описания структуры учебника.
2. Разработан механизм динамического формирования html-страниц, представляющих материал учебника, на основе описания структуры учебника, хранящейся в базе данных.
3. Выполнены реализации отдельных алгоритмов в виде апплетов или flash-роликов.
4. Достоинствами данного электронного учебника являются: возможность динамического формирования материала учебника; возможность наглядно увидеть демонстрацию работы моделей.

что свидетельствует о гармоничном развитии голеностопного сустава. У больных с врожденной косолапостью III-IV степени увеличивается ее смещение до $(51,2 \pm 1)^\circ$, что свидетельствует о грубых анатомо-функциональных нарушениях голеностопного сустава и неэффективности проводимого лечения.

Заключение. Разработанная математическая модель позволила изучить развитие голеностопного сустава у детей с врожденной косолапостью, определить показания для проведения оперативной коррекции деформации и разработать дифференцированный подход к выбору метода оперативного вмешательства с учетом особенностей формирования дистального отдела голени.

Интегральные представления в задачах рассеяния ультразвуковых упругих и акустических волн

Боев Н. В.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
bojev@math.rsu.ru

Исследование задач рассеяния высокочастотных акустических и упругих волн на препятствиях в сплошных средах проводится, в основном, методами геометрической теории дифракции (ГТД). В практических задачах ультразвукового неразрушающего контроля (УЗНК) по обнаружению и реконструкции форм скопленных дефектов в упругих средах и скопленных препятствий в акустических средах необходим учет многократных переотражений, который осуществить в рамках ГТД весьма затруднительно. На наш взгляд исследование задач о высокочастотном рассеянии с учетом многократных отражений удобнее вести на основе интегральных представлений в рамках физической теории Кирхгофа.

В работе исследуется рассеяние ультразвуковой упругой или акустической монохроматической сферической волны от скопления препятствий, находящихся в бесконечной упругой или акустической средах. В случае упругой среды источник сферической волны обусловлен сосредоточенной силой в фиксированной точке бесконечного упругого изотропного пространства. В случае акустической среды в фиксированной точке находится точечный источник давления. Расположение источника и поверхностей препятствий в пространстве таково, что распространение акустической или продольной и поперечной составляющих ультразвуковой упругой волны от источника в заданном направлении допускает переотражение произвольное число N раз с учетом конкретной трансформации упругих волн в точках отражения.

Разрабатываемый метод основан на модификации интегрального представления физической теории дифракции Кирхгофа и асимптотической оценке полученных кратных дифракционных интегралов методом многомерной стационарной фазы. Построенное асимптотическое решение имеет локальный характер и дает главный асимптотический член амплитуды дифрагированного поля в малой окрестности любого луча, вышедшего из источника в сплошной (упругой или акустической) среде, отразившегося от поверхностей препятствий в точках зеркального отражения и прошедшего в точку приема в сплошной среде. Очевидно, что такие лучи могут существовать только в том случае, если все точки

отражения, а также точка приема находятся в освещенной области. Траектория луча представляет собой пространственную ломаную линию, при этом точки зеркального отражения могут принадлежать как поверхности одного рассеивателя, так и граничным поверхностям различных N рассеивателей.

Получено явное выражение главного члена асимптотики амплитуды перемещений в отраженной упругой волне и амплитуды давления в отраженной акустической волне, который определяется направлениями падающих и отраженных волн, локальными геометрическими характеристиками отражающих поверхностей препятствий в точках зеркального отражения, расстояниями между точками, участвующими в переотражении луча, а также упругими характеристиками среды.

В частных и предельных случаях показано, что главный член асимптотики совпадает с решением, полученным в рамках ГТД.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ 05-01-00155а.

Конечноэлементное моделирование лопасти несущего винта вертолета

Бычков А. А.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
lost_guadeleenn@mail.ru

В настоящее время в авиационной технике, благодаря своим высоким механическим характеристикам, широко применяются композитные материалы для создания подвижных частей летательных аппаратов, таких, как несущие и направляющие винты. Одной из задач динамического анализа таких конструкций является определение спектра собственных частот, который в настоящее время в технической документации изучен на основе одномерных моделей. В случае использования полимеркомпозитных лонжеронов, полученных способом намотки, существенным является анизотропия свойств, которая может быть учтена при построении трехмерных моделей. В настоящей работе построена упрощенная 3D конечноэлементная модель лопасти с учетом анизотропии материалов конструкции, полученных на основе стеклонитей и эпоксидной матрицы. В рамках этой модели проведен модальный анализ лопасти с учетом характера ее заделки в эластомерный подшипник. Численный анализ выявил некоторые особенности спектра, в частности, нежелательную близость крутильной и изгибной мод.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 05-01-00690, 06-01-08041).

построения решения задачи используется метод прогонки, который сводит интегрирование исходной задачи к интегрированию шести задач Коши для системы дифференциальных уравнений первого порядка.

На базе численного интегрирования было исследовано поведение изгибной жесткости цилиндра и его напряженно-деформированного состояния в зависимости от угла намотки.

[1] *Победря Б.Е.* Механика композиционных материалов. М.: Изд-во МГУ, 1984. 335 с.

[2] *Устинов Ю.А.* Задачи Сен-Венана для псевдоцилиндров. М.: Наука, 2003. 128 с.

Особенности организации электронного учебника по биомеханике

Русанова Я. М., Чердынцева М. И.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
dem@math.rsu.ru

Образовательный процесс должен соответствовать принятым на мировом уровне стандартам. Особенно это касается дистанционных технологий обучения. В настоящее время эта аксиома является общепризнанной. В частности, под нее подпадает необходимость постоянной и оперативной разработки новых и актуализации старых учебных курсов для приведения их в соответствие с текущей ситуацией.

В образовательном процессе это, прежде всего, касается формы представления учебного материала. Для примера, при просмотре учебников в формате HTML с помощью браузера через Интернет настройка возможна лишь в незначительной степени. В связи с этим возникает необходимость разработки новых технологий представления данных.

Электронный учебник по биомеханике содержит систематизированный материал по данному курсу. Наполнение учебника осуществляется по материалам, предоставляемым механико-математическим факультетом ЮФУ (РГУ).

Модель формирования учебника позволяет легко компоновать материал, расширять и изменять его содержимое, многократно использовать отдельные компоненты, особенно программы, в разных разделах.

Весь представленный в учебнике материал разбит на компоненты. Структура учебника описывается отдельно. Такой способ представления позволяет динамически формировать материал учебника. В качестве средства отображения выбраны HTML-страницы.

Важным достоинством электронного учебника является возможность наглядно увидеть демонстрацию работы описываемых процессов и моделей. Чтобы обеспечить такую возможность, для всех моделей и процессов, которые приведены в учебнике, имеются апплеты и flash-ролики.

Компоненты учебника:

- фрагменты текста,
- иллюстрации,

плоскостях. Основное внимание при этом уделено тому факту, что количество неоднородностей носит множественный характер.

Предлагаемый в работе метод построения блочных матриц-символов ядер систем интегральных уравнений и их определителей основан на постановке и решении краевых задач для «вирусов вибропрочности» определенного строения. Введение специальных матриц, связанных с типом дефекта и его положением в слоистой среде, позволило преобразовать блочные матрицы-символы ядер систем интегральных уравнений большой размерности к блочным треугольным матрицам.

Для элементов матриц-символов и определителей ядер систем интегральных уравнений, соответствующих произвольному количеству и различным сочетаниям неоднородностей, расположенных в параллельных плоскостях пакета упругих слоев на жестком основании, получено представление в виде отношения целых функций. Между определенными классами «вирусов вибропрочности» и функциями, описывающими особые множества элементов матриц-символов Грина и их определителей, установлено взаимно однозначное соответствие. Достоинством такого представления является исключение на стадии аналитического построения решения корневых и полярных множеств, имеющих пересечения при произвольных значениях параметров механической системы, что является важным при определении условий локализации вибрационного процесса системой дефектов. Проведен численный анализ построенных решений.

Численный анализ напряженно-деформированного состояния стержня с винтовой анизотропией при чистом изгибе

Романова Н. М., Устинов Ю. А.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
kuznet_n@mail.ru

Стержень с винтовой анизотропией (СВА) можно получить винтовой намоткой упругих волокон на цилиндрическую поверхность и одновременным покрытием их полимерным связующим. Полученный таким образом композитный материал при достаточном количестве слоев намотки можно считать локально трансверсально-изотропным с главной осью симметрии, направленной по касательной к винтовой линии.

В данной работе исследуется задача Сен-Венана об изгибе СВА в случае, когда поперечное сечение — круговое кольцо ($r_1 \leq r \leq r_2$).

Для несущих волокон и заполнителя выбирались материалы с различными упругими характеристиками, поэтому упругие модули композита определялись с использованием формул теории усреднения [1].

Исходная трехмерная задача Сен-Венана в рассматриваемом случае чистого изгиба сводится к краевой задаче для системы трех обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка с переменными коэффициентами [2]. Для

Идентификация сдвиговых характеристик мягких тканей

Ватульян А. О., Двоскин М. А., Сатуновский П. С.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
gardsilver@list.ru

Моделирование динамических реакций живых тканей является важной и актуальной задачей, решение которой позволит выйти на новый уровень в диагностике и протезировании. На настоящий момент одним из современных методов улучшения визуализации неоднородностей мягких тканей по их сдвиговым упругим характеристикам является эластография. Этот метод заключается в том, что исследуемая ткань подвергается дополнительному воздействию и регистрируется ответная реакция в динамическом режиме. Вследствие неоднородности элементы ткани сокращаются по-разному. Это позволяет точнее определить форму и границы неоднородности, отличить ее от здоровой ткани по таким характеристикам, как плотность, модуль сдвига.

Среди многих областей, где используется эластография, отметим такие, как кардиология, трансплантология, пластическая хирургия, онкология. Основой этого метода являются теоретические исследования в области обратных задач механики и акустики, математическое моделирование живых тканей для совершенствования и уточнения моделей, разработки новых подходов выявления характера неоднородностей при помощи внешнего воздействия на объект исследования.

Для моделирования динамического поведения мягких биологических тканей используются разные математические модели, но одной из распространенных можно считать модель упругой или вязкоупругой слоистой среды с характеристиками неоднородности разного вида.

В настоящей работе предлагается решение задачи идентификации характеристик слоя с кусочно-непрерывной неоднородностью по толщине.

При этом исследование прямых задач о расчете волновых полей на границе основаны на преобразовании Фурье, предварительном сведении краевых задач к интегральным уравнениям Фредгольма второго рода в пространстве трансформант и численном анализе их дискретных аналогов. Разработан метод построения полей перемещений на верхней границе слоя при произвольных законах неоднородности.

Предложен новый подход к решению важного класса одномерных обратных задач для слоистой среды, характеристики которой (плотность и модуль сдвига, компоненты тензора предварительно напряженного состояния) являются функциями поперечной координаты. Построены итерационные процессы в процедуре реконструкции законов неоднородности слоя на основе метода линеаризации в окрестности некоторого известного состояния. При этом на каждом шаге итерационного процесса решались интегральные уравнения Фредгольма первого рода с ядрами специального вида на основе методов регуляризации, в частности, метода А. Н. Тихонова.

Представлены примеры восстановления модуля сдвига и плотности в антиплоском случае. Следует отметить, что восстановление закона изменения плотности происходит значительно хуже, чем закона изменения модуля сдвига, в

связи с некоторыми особыми свойствами ядра интегрального уравнения Фредгольма первого рода в случае реконструкции плотности.

Об одном подходе к идентификации вязкоупругих биологических сред

Ватульян А. О., Явруян О. В.

*Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
bulgurian@km.ru*

При исследовании поведения биополимеров важное значение имеет формулировка определяющих соотношений, при этом выбор математической модели, описывающей основные свойства биоматериала, является основным этапом решения задач биомеханики. Однако в ряде случаев наблюдаются серьезные расхождения между результатами, полученными из экспериментов, и теоретическими результатами. В первую очередь, связано это с тем, что для большинства реальных сред характерно поведение, которое не может быть описано в рамках простых соотношений теории упругости. Реальные среды могут обладать аномальной и структурной вязкостью, ползучестью, упругим последствием и т.д. Описанием движения таких объектов занимается реология и для каждого типа ткани приходится подбирать свое уравнение состояния, которое нередко имеет довольно сложный вид. Однако существует большой класс материалов, которые в линейном приближении можно описывать простой комбинацией перечисленных выше свойств. К таким средам относятся и биологические среды, в которых тензор напряжений линейно зависит как от тензора деформации, так и от его производных по времени.

Рассмотрена задача идентификации биополимерных материалов, к которым можно отнести мышечные ткани, сухожилия, стенки сосудов. Решение поставленной задачи связано с реализацией нескольких этапов: структурная идентификация, определяемая выбором математической модели, адекватно отражающей механические свойства биоматериала; параметрическая идентификация, состоящая в оценке и определении параметров модели. В медицинской акустике наиболее часто применяются две модели: модель Максвелла и модель Фойгта, поскольку поведение биотканей во многом аналогично поведению вязкоупругих полимеров. Было установлено, что модель Максвелла лучше отражает распространение волн в жидких биологических средах, тогда как модель Фойгта более пригодна для описания мягких биологических тканей.

В настоящем исследовании использована линейная дифференциальная модель произвольного конечного порядка. При этом параметрическая идентификация заключается в решении обратной коэффициентной задачи по определению параметров линейных дифференциальных операторов в правой и левой частях определяющего соотношения для сдвиговых компонент в рамках гипотезы несжимаемости. На основе этой модели разработана методика параметрической идентификации определяющих соотношений биополимерного материала при помощи обработки результатов простейших опытов (релаксация, ползучесть). Процедура измерения деформаций через фиксированные временные промежутки из

Между этими состояниями принимается линейная зависимость по параметру модуля остаточной поляризации. Решение задачи осуществляется методом конечных элементов. За базовый взят линейный трех узловой элемент. Конечно-элементный подход позволяет вводить различные функциональные зависимости степени поляризации по длине стержня. Кроме этого, имеется возможность рассмотреть и исследовать предельные случаи поляризованных состояний: от нулевого до насыщенного. Построены зависимости амплитудно-частотной характеристики адмитанса. Показано, что учет поляризации в упругих и диэлектрических характеристиках изменяет спектр по сравнению со случаем, когда степень поляризации учитывается только в пьезоэлектрических модулях.

Авторы благодарны РФФИ за частичную финансовую поддержку (грант 05-01-00752-а).

Об устойчивости составных колец с внутренними напряжениями

Попов А. В.

*Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
a_v_popov@mail.ru*

В рамках плоской теории упругости рассматривается задача устойчивости двухслойного составного кольца, нагруженного внешним равномерно распределенным давлением. Составное кольцо содержит внутренние напряжения, обусловленные посадкой с предварительным натягом.

Для изотропного несжимаемого материала выведены уравнения нейтрального равновесия, линеаризованные граничные условия и условия сопряжения на границе раздела слоев. Невозмущенное состояние равновесия определяется из точного решения нелинейной задачи Ламе для составного кольца.

Рассмотрен класс решений уравнений нейтрального равновесия, для которого задача устойчивости сводится к системе обыкновенных дифференциальных уравнений. Для некоторых распространенных нелинейных моделей материалов построено численное решение указанной системы. Результаты, отвечающие посадке без натяга, сравниваются с известными результатами для тонкого кольца, нагруженного внешним равномерно распределенным давлением.

Применение теории «вирусов вибропрочности» к исследованию динамических процессов в средах с нарушением сплошности

Пряхина О. Д., Смирнова А. В.

*Краснодар, Кубанский государственный университет
donna@kubsu.ru*

В настоящей работе рассматривается совокупность простейших типов дефектов — плоских трещин и жестких включений, расположенных в параллельных

фирмы производители предлагают огромное количество конструкций, отличающихся видом и типоразмерами. Хотя совершенствование конструкции эндопротеза и остается актуальной задачей, все большую важность приобретает вопрос подбора эндопротеза наиболее соответствующего индивидуальным характеристикам пациента. Иначе говоря, важно не только создать ряд «хороших» эндопротезов, но и обоснованно выбрать из этого ряда конструкцию наиболее соответствующую индивидуальным параметрам конкретного пациента. Каждый из параметров может оказать существенное или решающее влияние на конечный результат лечения. Более того, влияние отдельного параметра нельзя рассматривать независимо от остальных. При этом главная задача состоит в обеспечении морфологического соответствия режимов функционирования и конструктивных решений технических элементов с сопрягаемыми с ними биологическими элементами системы.

В своей работе авторы уделили особое внимание методам выбора эндопротеза на основе данных о геометрии бедренной кости и параметрах движения в тазобедренном и коленном суставах пациента. Главные усилия были направлены на создание технических средств, позволяющих автоматизировать процессы сбора и обработки необходимой диагностической информации.

Колебания линейного элемента с неоднородными по длине свойствами

Положенцева Т. Е., Скалиух А. С.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
tpolozh@math.rsu.ru

Стержневые рабочие пьезокерамические элементы широко используются при моделировании биомеханических систем, в акустических преобразователях, в робототехнике, в технике неразрушающего контроля и во многих других устройствах. Более многочисленны работы, в которых исследованы зависимости спектральных характеристик от размеров тел, от формы электродов на поверхности, от дополнительных или присоединенных масс. Много реже встречаются работы, где исследуется зависимость подобных характеристик от формы и степени поляризованности пьезокерамического тела. Предметом настоящей работы является моделирование неоднородно поляризованного стержневого преобразователя, у которого поляризация меняется по длине, с сохранением поперечного направления. Построенная модель позволяет исследовать зависимость спектральных характеристик от степени поляризации и функций затухания.

С использованием модели плоского напряженного состояния, задача сводится к решению обыкновенного дифференциального уравнения с переменными коэффициентами. Функциональная зависимость коэффициентов от осевой координаты определяется зависимостью остаточной поляризации от этой координаты. В частности все характеристики определяющих соотношений определяются через два состояния, одно из которых — деполаризованная керамика, а второе — та же керамика, но поляризованная до насыщения в однородном электрическом поле.

опыта на ползучесть оказывается эффективной для задачи идентификации коэффициентов дифференциального оператора.

Предлагаемый алгоритм позволяет привести нелинейную некорректную задачу к решению алгебраического уравнения с использованием аппарата симметрических многочленов и определить параметры модели из простых алгебраических уравнений.

Проведен ряд вычислительных экспериментов по определению части параметров дифференциального оператора. В качестве тестируемого материала выбран вязкоупругий ортотропный композит, а в качестве модели рассмотрен случай дифференциального оператора второго порядка. Для определения параметров по предлагаемой схеме достаточно проводить измерения функции ползучести в 5 временных точках. Исследована зависимость точности восстановления параметров в зависимости от временного промежутка, от времени начала съема данных и степени аддитивного зашумления.

Результаты экспериментов подтверждают возможность использования предложенного алгоритма для определения реологических параметров биополимеров.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (коды проектов 05-01-00734, 06-01-08041)

Задачи Сен-Венана для графитовых нанотрубок

Ватульян К. А., Устинов Ю. А.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
vatulyan_karina@mail.ru

В последнее время внимание ряда исследователей привлекают задачи об исследовании напряженно-деформированного состояния (НДС) углеродных нанотрубок. Для исследования привлекаются методы механики сплошной среды. Так, например, в [1] делается попытка исследовать НДС нанотрубки на основе решений задач Сен-Венана о растяжении и кручении призматической и цилиндрической нанотрубок. Первая обладает прямолинейной анизотропией типа α -кварца, вторая — цилиндрической анизотропией также типа α -кварца. При построении решения допущены существенные неточности. В настоящей работе методами спектральной теории операторов [2] построение решений задач Сен-Венана для цилиндрической нанотрубки с винтовой анизотропией сводится к интегрированию краевых задач для ОДУ с переменными коэффициентами. Методами прогонки осуществлено численное интегрирование этих задач. На основе построенного решения проводится анализ поведения матрицы жесткостей нанотрубки и НДС в зависимости от параметра τ , характеризующего винтообразность анизотропии. Значению $\tau = 0$ отвечает случай цилиндрической анизотропии. Проводится сравнительный анализ с результатами работы [1].

Список литературы

- [1] В.А.Городцов, Д.С.Лисовенко. Упругие свойства графитовых стержней и многослойных углеродных нанотрубок (кручение и растяжение) // Механика твердого тела. 2005. No 4. С. 42–56.
- [2] Устинов Ю.А. Задачи Сен-Венана для псевдоцилиндров. М.: Физматлит, 2003. 128 с.
- [3] Лезницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. М.: Наука, 1977. 416 с.

Преимущества использования компилятора PascalABC.NET в учебном процессе

Водолазов Н. Н., Михалкович С. С., Ткачук А. В.
 Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
 miks@math.rsu.ru

Доклад посвящен вопросам использования компилятора и системы программирования PascalABC.NET (<http://pascalabc.net>) в учебном процессе.

PascalABC.NET планируется как замена системы программирования Pascal ABC (<http://sunschool.math.rsu.ru>), используемой на факультете математики, механики и компьютерных наук ЮФУ для обучения школьников и студентов младших курсов современному программированию.

Необходимость создания новой системы программирования диктуется несколькими факторами. Во-первых, система Pascal ABC является интерпретатором и не создает исполнимые файлы, во-вторых, она содержит ограниченное число библиотек. Наконец, современный уровень развития программирования требует даже от учебной системы программирования следования промышленным стандартам.

Выбор платформы .NET для реализации компилятора был обусловлен следующими ее характеристиками: .NET является современным промышленным стандартом, обеспечивает гибкое межъязыковое взаимодействие, содержит большое количество библиотек и постоянно развивается, обеспечивает относительно легкую генерацию кода. Кроме того, по скорости выполнения .NET-программы сравнимы с обычными исполнимыми файлами.

Выбор языка Паскаль для реализации учебного компилятора обусловлен тем, что до сих пор Паскаль является одним из лучших языков обучения начальному программированию и широко используется для этих целей в России.

При реализации языка Паскаль для платформы .NET предполагалось взять за основу Delphi Object Pascal, дополнив его возможностями, которые предоставляет сама платформа .NET: интерфейсы классов, шаблоны классов, исключения, доступ к типам из внешних сборок. Основным критерием реализации являлась как можно более полная совместимость с простейшими возможностями Object Pascal, ориентированными на начальное обучение.

самопроверки) знаний. В лабораторной работе имеется набор программных кодов, которыми студенты могут пользоваться как образцами при самостоятельном программировании.

Важная отличительная особенность данного учебника заключается в том, что помимо чтения текста пользователь имеет возможность в любой момент вызвать из имеющихся программных модулей тот, который даст ему возможность проследить все детали процесса применения изучаемого метода.

В настоящее время разрабатываются средства поддержки для использования учебника по программам дистанционного обучения и в качестве пособия для самостоятельной работы студентов.

Построение геометрических моделей костей и определение параметров движения в суставах

Плоткин Г. Л., Утехин А. И., Шатаева Е. В.
 Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный
 электротехнический университет
 shataeva@mail.ru

Работа основана на результатах исследований направленных на создание геометрических моделей костей пациента и определение параметров движения в его суставах. Для апробации предлагаемых авторами методов и созданных программных средств была создана геометрическая модель препарата бедренной кости. Исходными данными для построения модели являются контурные кривые бедренной кости, полученные в результате ее проекции на плоскость. При проведении исследования контурные кривые были получены на основе рентгенограмм препарата, выполненных в боковой и передней проекциях. Для сравнения препарата бедренной кости и созданной геометрической модели препарат был распилен перпендикулярно продольной оси кости в пяти местах. После предварительной обработки сечения были отсканированы и сопоставлены с аналогичными сечениями геометрической модели. Апробации методов и программных средств для определения параметров движения в тазобедренном и коленном суставах пациента была осуществлена в ходе исследования одноопорной фазы шага и приседания. Параметры движения определялись на основе модели состоящей из трех звеньев: нижней части туловища, бедра и голени. Тазобедренный и коленный суставы были представлены в виде пары контактных поверхностей. Основой при создании модели суставов послужили положения теории высшей кинематической пары. Целью настоящего исследования явилось создание методов и программных средств позволяющих подбирать эндопротезы суставов наиболее соответствующие индивидуальным характеристикам пациента. Был сделан вывод о том, что результаты работы могут быть использованы как для подбора предлагаемых на ранке эндопротезов, так и при разработке новых конструкций.

Эндопротезирование коленного и тазобедренного суставов является эффективным способом лечения целого ряда ортопедических заболеваний. Несмотря на достигнутые успехи, остается много нерешенных проблем. В настоящее время

Используя подход, предложенный Ватульяном А. О., построен итерационный процесс, на каждом шаге которого строится и решается интегральное уравнение Фредгольма 1 рода. Задача построения решения такого уравнения является некорректной, что требует применения методов регуляризации. Кроме того, в рамках данного подхода осуществлен переход от интегрального уравнения к системе функциональных уравнений, а затем и к системе линейных алгебраических уравнений, которая решается методом LSQR.

Используемый подход теоретически может применяться для решения любой коэффициентной обратной задачи для ограниченной односвязной области, однако практическая реализация встретила ряд трудностей. Для формирования системы используются данные расчетов прямых задач, решенных методом конечного элемента, что потребовало разработки способа передачи данных из одной вычислительной среды в другую. С ростом числа разбиений увеличивается размерность системы уравнений, но не происходит улучшения точности восстановления. Восстанавливать законы изменения коэффициентов Ляме, зависящих от двух координат, удается далеко не всегда.

Результаты приводятся для двух плоских областей: сильно вытянутой прямоугольник и квадрат. В первом случае успешно восстанавливаются линейные и некоторые более сложные законы изменения одного из коэффициентов Ляме при условии постоянства второго. В этом случае может быть применен итерационный подход для улучшения полученных результатов. Во втором случае решается задача о восстановлении коэффициентов Ляме как функций двух координат. Приводится оценка точности восстановления в зависимости от выбора частотного диапазона, на котором осуществляется зондирование, а также от выбора начального приближения.

Автор благодарит профессора А.О. Ватульяна за консультации и поддержку.

Использование электронного учебника по численным методам на факультетах ЮФУ

Петровская Н. В., Цыбенкова О. А., Ширяева Е. В.

*Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
olgaz@math.rsu.ru*

Электронный учебник «Численные методы» разработан на факультете математики, механики и компьютерных наук авторским коллективом в составе М.Ю.Жуков, Е.В.Пацеева, Н.В.Петровская, Е.В.Ширяева, О.А.Цыбенкова. Учебник предназначен для поддержки курсов «Численные методы» и «Методы вычислений», читаемых для различных специальностей мехмата, экономического факультета и факультета высоких технологий и может быть использован в преподавании аналогичных курсов и ряда спецкурсов на других факультетах ЮФУ.

В учебнике освещены темы «Теория погрешности», «Интерполяция полиномами», «Численное интегрирование», «Линейная алгебра», «Нелинейные уравнения», «Задача Коши», «Краевые задачи для ОДУ». Каждая тема сопровождается программой, текстом лабораторной работы и тестом для проверки (или

В настоящий момент реализовано обширное подмножество языка, в том числе: указатели, вложенные подпрограммы, подпрограммы с переменным числом параметров, доступ к типам .NET, классы, наследование, полиморфизм, перегрузка имен, перегрузка операций, динамические массивы, обработка исключений, а также компиляция модулей в специальный промежуточный формат PCU, представляющий собой сохраненное на диск дерево разобранной программы.

Вышеперечисленные особенности компилятора PascalABC.NET позволяют сформулировать его преимущества при использовании в учебном процессе. Прежде всего, это возможность использования обширных библиотек .NET, а также возможность написания библиотек, которые можно использовать из других .NET-языков. Промежуточный формат PCU представляет сериализованное на диск семантическое дерево программы, поэтому позволяет проводить ряд высокоуровневых преобразований: распараллеливание на уровне семантического дерева, форматирование кода с заданными параметрами, проверка качества кода, написанного учеником (например, частота обращений к глобальным переменным, средняя длина подпрограмм и т.д.). Кроме того, наличие документированного формата семантического дерева позволяет использовать PascalABC.NET в спецкурсах, связанных с разработкой компиляторов, создавать новые учебные языки программирования.

Web-система для тестирования студентов, изучающих векторную и тензорную алгебру

Гавриляченко Т. В., Иванова М. И.

*Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
tatianavic@mail.ru*

Современное образование трудно представить себе без использования информационных и сетевых технологий. Большой интерес представляют разработки, позволяющие, с одной стороны, эффективно оценивать качество знаний студентов и школьников, а с другой – свести к минимуму рутинную работу преподавателя, связанную с проверкой однотипных расчетных контрольных заданий.

Созданная авторами система тестирования через сеть Интернет позволяет генерировать комплекты уникальных вариантов типовых задач по векторной и тензорной алгебре, а также оценивать правильность их выполнения по пятибалльной шкале.

Пароль для входа в систему пользователь должен получить у преподавателя, который заранее вносит в базу данных сведения о студентах, подлежащих тестированию. На странице авторизации кроме пароля необходимо ввести свои имя, фамилию и номер группы. После этого идентифицированный системой пользователь получает доступ к странице с заданиями, числовые данные для которых генерируются автоматически. Эти данные, как и время выдачи заданий, фиксируются системой. На этом этапе тестируемый может завершить сеанс работы с системой (кликнув по соответствующей ссылке) с тем, чтобы позднее ввести уже готовые результаты и получить оценку. Для повторного входа в систему необходимо вновь пройти процедуру авторизации.

Ответы (которые должны быть округлены до 0,01) сверяются со значениями, вычисляемыми программой. По результатам тестирования выставляется оценка: менее 50% решенных задач – «неудовлетворительно», от 50% до 75% – «удовлетворительно», 75%-95% верных ответов – «хорошо» и 95%-100% – «отлично».

В системе реализован контроль корректности заполнения форм: например, в имени и фамилии не должны присутствовать цифры или другие посторонние символы; пароль должен содержать от 4-х до 16-ти символов, а ответы на задачи могут быть либо числами со знаком и десятичной точкой, либо специальными символами. Более того, ни одно поле при отправке какой-либо формы не может оставаться пустым.

Предусмотрены и меры защиты от недобросовестных пользователей. Так, нельзя получить задание без авторизации, нельзя «подкорректировать» уже выполненное задание, нельзя получить второй вариант теста без ведома преподавателя.

Все результаты по тестированию сохраняются в базе данных. В специальном блоке системы реализован интерфейс, позволяющий преподавателю просматривать нужную информацию.

При разработке системы интернет-тестирования использовались языки web-программирования PHP 5 и JavaScript, а также СУБД MySQL 4.1.

Следует отметить, что блок тестирования по векторной алгебре базируется на индивидуальном задании, которое на протяжении ряда лет предлагается во втором семестре на факультете математики, механики и компьютерных наук ЮФУ студентам специальности «прикладная математика», и успешно был использован в учебном процессе.

Распространение волн в упругом слое с внутренними препятствиями

Глушков Е. В., Глушкова Н. В., Ерёмин А. А.

Краснодар, Кубанский государственный университет

eremin_a_87@mail.ru

Проблемы медицинской томографии и ультразвукового исследования внутренних органов приводят к таким же задачам волновой динамики, как и при ультразвуковом неразрушающем контроле, вибростейморазведке, в гидроакустике и др. К ним, в частности, относятся задачи, возникающие при исследовании распространения и дифракции упругих волн в слоистых волноводах с внутренними препятствиями (дефектами). В настоящее время большую популярность приобрел метод конечных элементов (МКЭ). Однако традиционный МКЭ мало пригоден для моделирования волновых явлений в бесконечных областях. Аналогичные недостатки присущи и классическим методам фундаментальных решений (МФР) и граничных элементов (МГЭ), где в качестве базисных функций используются фундаментальные решения для бесконечного однородного пространства.

В предлагаемом подходе в качестве базисных функций используются фундаментальные решения для слоистых структур (слоистые элементы – СЭ). Тем

(ДгКТД-01 Рег. удостоверение № ФС 022а2004/0892-04) и анализатора ритмической активности биопотенциалов головного мозга. Дермограф осуществляет быструю функционально-топическую диагностику выраженных дисфункций и патологических состояний организма человека, анализатор предназначен для углубленной диагностики и уточнения спектральных (частотных) координат очагов патологической активности в центральной нервной системе.

Для нормализации и коррекции выраженных дисфункций организма безлекарственными методами с помощью программируемого воздействия низкоинтенсивным электромагнитным полем применяется корректор функциональный резонансный (АНКФ-01 Рег. удостоверение № ФС 022а2005/2792-06.).

Процедура прогноза осуществляется с помощью компьютерной программы «RITM», предназначенной для расчета биоритмов организма, определения времени обострения различных органов и систем и проведения корректирующих процедур. Программа рассчитывает движение по сегментарной оси волн координации различной длины, выделяет узлы их схождения на различных сегментах спинного мозга, осуществляет объединение временных и пространственных координат в одну систему. Программа по сегментарной координате «очага патологии» генерирует график спадов и подъёмов активности в указанном сегменте на заданный период времени, что используется при мониторинге здоровья пациента.

Описанная технология позволяет осуществлять длительное наблюдение пациентов, проводить корректирующие профилактические мероприятия, накопление и обработку в базе данных исходной лечебно-диагностической информации, выдачи заключений и паспортизации здоровья как индивида, так и групп населения, подготовку отчетной документации и поддержку принятия решений для разных уровней управления здравоохранения.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта НШ-9004.2006.1

Об одной коэффициентной обратной задаче для плоской области

Олифер Н. А.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

olyphern@mail.ru

Представлена реализация подхода к решению коэффициентных обратных задач теории упругости для ограниченных односвязных областей, которые имеют приложения в задачах идентификации тел с неоднородностями в гео- и биомеханике, механике нанокомпозитов в рамках моделей линейной теории упругости.

Прямая задача состоит в определении поля перемещений во всем теле и на границе в условиях произвольной формы тела и переменных упругих характеристик. Эта задача в общем случае может быть решена только численно, например, методом конечного элемента. Обратная задача ставится следующим образом: по информации о перемещениях на нагружаемой части границы нужно определить коэффициенты Ляме λ и μ как функции от координат.

собой изображение температуры в узловых точках и являются рациональными функциями. Используя теорему разложения операционного исчисления, находим аналитические выражения для температуры в узловых точках. В работе для некоторых частных случаев граничных условий, которые несложно реализовать экспериментально при решении обратной задачи, получены безразмерные решения.

Решение в размерном виде было осуществлено в системе Maple 8. Построены графики «температурных историй» в узловых точках и «температурных профилей» в заданные моменты времени. Были получены решения для однородного, составного стержня и стержня из функционально-градиентного материала, которые сопоставлялись с решениями полученными методами конечных разностей, конечных элементов (пакет FlexPDE 5.04 Student) и показали хорошую точность.

Технология проведения мониторинга индивидуального здоровья человека с помощью аппаратно-программного комплекса «Лучезар»

Никитина Е. Ю.*, Рыбченко А. А.**, Шабанов Г. А.**

*Владивосток, Дальневосточный государственный университет

**Владивосток, МНИЦ «Арктика» ДВО РАН

nikitina@imcs.dvgu.ru

Наиболее современный способ перехода от системы, ориентированной на лечение больных, к системе, основанной на приоритете формирования культуры здоровья и направленной на профилактику болезней состоит в создании программно-аппаратных комплексов функционально-топической диагностики, способных проводить мониторинг индивидуального здоровья для любого человека.

В лаборатории экологической нейрокибернетики МНИЦ «АРКТИКА» ДВО РАН разработаны модель осцилляторного строения активирующей системы мозга человека и технология диагностики и коррекции дисфункций организма человека на основе данной модели, реализованная в виде аппаратно-программного комплекса мониторинга индивидуального здоровья пациента «Лучезар».

Комплекс разрабатывался на основе физиологических принципов сегментарного строения периферической нервной системы, исследований в области взаимодействия сенсорных систем, соматовисцеральной интеграции, роли активирующей системы мозга в тонической активности вегетативной нервной системы, играющей значительную роль в адаптивном поведении и трофическом обеспечении внутренних органов и тканей организма. Комплекс функционирует в единой пространственно-частотной сегментарной системе координат, органично отражающей схему строения периферического отдела вегетативной нервной системы и основные принципы висцеро-соматической интеграции; работа комплекса ведётся по замкнутому циклу: диагностика выраженных дисфункций — нормализация и коррекция состояний — прогноз.

Диагностика проводится с помощью двух приборов: дермографа компьютерного для топической диагностики очагов патологии внутренних органов

самым автоматически удовлетворяются граничные условия на всех плоскопараллельных внутренних и внешних границах волновода, и учитывается информация о внутренней волновой структуре решения при любом градиенте полей. Как следствие, с помощью слоистых элементов аппроксимируются только условия на ограниченной поверхности препятствий, что существенно уменьшает число требуемых элементов по сравнению с МКЭ, МГЭ или МФР.

В качестве примера рассматривается плоская задача о распространении волн в упругом слое с упругими или жёсткими включениями или полостями как классической круговой, так и некруговой формы. Исследуется влияние их размеров и формы на прохождение и отражение волн Лэмба. Приводятся примеры формирования ловушечных мод (резонансный захват и локализации энергии в окрестности препятствия). Анализируется изменение блокирующих свойств системы дефектов по сравнению с одиночным препятствием.

Исследования выполняются в рамках проектов INTAS 05-100008-7979 и РФФИ 06-01-96607 и 07-01-00307.

Распространение волн в пористых водонасыщенных слоистых и скважинных структурах

Глушков Е. В., Глушкова Н. В., Лапина О. Н., Фоменко С. И.

Краснодар, Кубанский государственный университет

evg@math.kubsu.ru

Рассматриваются задачи о возбуждении упругих волн поверхностными и скважинными источниками в слоистых структурах с упругими и пористыми водонасыщенными слоями. Установившиеся гармонические колебания в упругой среде описываются уравнениями Ламе, а в пористой водонасыщенной — уравнениями Био-Френкеля. Поверхностные источники моделируются заданной нагрузкой на дневной поверхности слоистого полупространства, а скважинные — локализованной объемной силой в цилиндрической структуре: скважинная жидкость — слоистая упругая стенка — вязкоупругий водонасыщенный грунт.

Целью работы является изучение влияния пористости на волновые и энергетические характеристики рассматриваемых структур. На основе матриц фундаментальных решений для рассматриваемых сред строятся интегральные представления волновых полей. Выводятся асимптотические представления для объемных, поверхностных, каналовых и скважинных волн. В ближней зоне комплексные амплитуды смещений вычисляются путем непосредственного численного интегрирования. Строятся графики частотных зависимостей фазовых и групповых скоростей каналовых и скважинных волн. Анализируется распределение энергии источников между волнами указанных типов в зависимости от строения среды и степени ее водонасыщенности.

Работа поддержана грантом РФФИ 06-01-96607.

Логико-вероятностное моделирование образования фракталоподобных структур на примере пористого кремния

Городецкий А. Е., Кучмин А. Ю., Тарасова И. Л.

Санкт-Петербург, Институт проблем машиноведения РАН

gae@msa2.ipme.ru

Главная проблема, на решение которой направлена математическое моделирование образования фракталоподобных структур, связана с повышением достоверности создаваемых информационно-компьютерных моделей для исследования влияния локальных механизмов на самоорганизацию иерархических фракталоподобных структур. Особую значимость эти модели приобретают в свете развития нанотехнологий, требующих целенаправленного синтеза необходимых структурных элементов на микроуровне.

Использование технологии компьютерного моделирования кристаллических структур и динамики их видоизменений позволяет объединить достижения в области кристаллографии, физики твердого тела и процессов логико-вероятностного управления с целью получения адекватных компьютерных моделей процессов видоизменения кристаллических структур.

Предлагаемая технология компьютерного моделирования процессов образования пористого кремния уникальна, поскольку впервые учитывает пространственное расположение атомов в структуре материала и число их связей. Использование таких моделей позволит на более высоком уровне и целенаправленно проводить соответствующие исследования влияния локальных механизмов на самоорганизацию иерархических фракталоподобных структур.

Модификация пространственно-структурных характеристик приводит к существенным изменениям физико-химических свойств исходного материала. При плазмохимическом травлении в определенных режимах и составах, содержащих фтористые соединения, происходит структурирование кремния в виде массива изолированных «игольчатых» объектов на поверхности, то есть также имеет место тенденция к понижению размерности. Одним из наиболее ярких и широко распространенных материалов такого типа является пористый кремний, который служит основой для изучения широкого спектра новых, перспективных для практического использования эффектов.

При моделировании кремний рассматривался как кристаллический параллелепипед, у которого выделялась одна из граней и которая считалась поверхностью, взаимодействующей с некоторым активным веществом (раствор HF), что приводило к формированию пористого пространства. Весь параллелепипед разбивался на трехмерные клетки (элементарные кубы).

Математическая модель состоит из двух частей: модели процессов, происходящих на поверхности (взаимодействующей с веществом) пластины монокристаллического кремния и процессов порообразования в объеме кристалла, причем модель первой стадии процесса динамически задаёт начальные условия для второй.

может быть сведен к решению следующего операторного уравнения:

$$\delta = -\lambda K \delta + \mathbf{f}_2, \quad (1)$$

где $K = P^2 \Gamma$, $\Gamma \xi = \frac{1}{4\pi} \iint_S \frac{\xi}{r_{NM}} dS_N$, $\lambda = i\omega\gamma\mu h$; μ — магнитная проницаемость внешней среды; γ — удельная электропроводность воды из данной акватории; ω — круговая частота возбуждающего магнитного поля, h — средняя глубина акватории, \mathbf{A}^0 — векторный потенциал невозмущенного магнитного поля внешних (заданных) источников. В указанных обозначениях имеем:

$$\mathbf{f}_2 = -\frac{\lambda}{\mu} P \mathbf{A}^0.$$

Нами показано, что к уравнению (1) применима теория Фредгольма, из которой следует, что (1) имеет единственное и при том устойчивое решение в пространствах \mathcal{L} и $W_{2,\mathcal{L}}^1 = \mathcal{L} \cap W_2^1(S; \mathbb{C}^2)$. Разработан программный пакет его численного решения, выполнен ряд практических расчетов.

Об одном методе решения нестационарной задачи теплопроводности для неоднородного стержня

Нестеров С. А.

Таганрог, ИП Мочалова Н. Б.

1079@list.ru

За последние десятилетия резко возрос интерес к моделям неоднородных материалов, постоянно расширяется область их применения в гео- и биомеханике. Так, в областях с высокотемпературным окружением всё чаще применяются функционально-градиентные материалы — двухфазные композиты с плавно меняющимися свойствами и обеспечивающие хорошую тепловую защиту. Эффективность использования неоднородных материалов зависит от точного знания коэффициентов переноса (объёмной фракции). Современные технологии позволяют контролировать распределение объёмной фракции с ошибкой до 30%, а для уточнения механических и теплофизических свойств необходимо решать обратные коэффициентные задачи — теории упругости, теплопроводности. Для решения обратных задач необходимо располагать эффективным методом решения соответствующих прямых задач.

В работе предлагается новый численно-аналитический метод решения задачи теплопроводности для неоднородного стержня при граничных условиях первого рода и смешанных граничных условиях, основанный на интегральном преобразовании Лапласа и сведении уравнения в изображениях к интегральному уравнению Фредгольма второго рода, который оказывается весьма перспективным с точки зрения постановки и решения обратных задач.

На первом этапе начально-краевая задача сводится к системе дифференциальных уравнений первого порядка с переменными коэффициентами в пространстве изображений по Лапласу. После интегрирования и удовлетворения граничных условий в изображениях получено интегральное уравнение Фредгольма второго рода, которое решается численно на основании квадратурной формулы средних прямоугольников. Компоненты вектора решений представляют

Разработаны специальные алгоритмы, программные макросы и средства для расчета и анализа акустических характеристик сверхкритических сред с использованием модулей ANSYS/Multiphysics при акустическом приближении и с использованием MFX решателя связанных задач в ANSYS и CFX. Приводятся примеры численного анализа акустических процессов в контролируемой среде и в системе пьезоэлектрических излучателей и приемников в режиме установившихся колебаний и при нестационарных возмущениях.

Работа выполнена при поддержке РФФИ и аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2006-2008 годы)» Федерального агентства по образованию Российской Федерации.

Моделирование теллурических токов в обширных водных акваториях посредством интегральных уравнений второго рода

Науменко Я. А.

Новочеркасск, Южный научный центр РАН
jan@novoch.ru

Рассмотрим $L_2(S; \mathbb{C}^2)$ — пространство двухкомпонентных комплекснозначных вектор-функций в плоской многосвязной области S , суммируемых с квадратом. Будем считать, что граница области l является лицевой. Нормаль к S обозначим \mathbf{n} , а нормаль к l , лежащую в плоскости S как $\boldsymbol{\nu}$.

Согласно Вейлю, пространство $L_2(S; \mathbb{C}^2)$ допускает разложение в прямую сумму ортогональных подпространств:

$$L_2(S) = L^{(P)} \oplus \mathfrak{L}.$$

Пространство обобщенных по Вейлю потенциальных полей $L^{(P)}$ является замыканием по норме $L_2(S, \mathbb{C}^2)$ множества, элементами которого являются градиенты функций из $C_0^{(1)}(S)$. Пространство обобщенных соленоидальных полей \mathfrak{L} в свою очередь может быть представлено в виде:

$$\mathfrak{L} = \mathfrak{G} \oplus L^{(S)}.$$

Здесь \mathfrak{G} — конечномерное подпространство гармонических на S полей, размерность которого является топологическим инвариантом поверхности S , на единицу меньшим ее. В частности, если поверхность S односвязна, то $\mathfrak{G} = \emptyset$. Введем ортогопроектор $P^{\mathfrak{L}}$ из $L_2(S)$ на подпространство \mathfrak{L} .

Будем считать, что глубина водной акватории много меньше ее длины и ширины. Допускается наличие островов, геометрические размеры которых также считаем много большими, чем глубина акватории. Кривизной земной поверхности пренебрегаем. Характерным примером такой водной акватории может служить Азовское море. При указанных условиях, расчет теллурических токов¹.

¹ Вихревые токи, возбуждаемые в водных акваториях периодическими по времени изменениями геомагнитного поля.

В предлагаемом методе моделирования используется логико-вероятностный подход к выявлению вытравливаемых атомов из кристаллической решетки монокристаллического кремния, а именно вероятность вылета каждого атома.

Восстановление поврежденных файлов PDB для визуализации и моделирования пространственной структуры органических молекул

Гузев М. А.*, Згонник Д. Б.**, Лихацкая Г. Н.***

*Владивосток, Президиум ДВО РАН

**Владивосток, Институт прикладной математики ДВО РАН

***Владивосток, Тихоокеанский институт биоорганической химии ДВО РАН
zgonnik@iexperts.ru

Развитие программ, позволяющих конструировать структуру молекулы, т.е. программ-редакторов, привело к необходимости разработки форматов данных для хранения результатов. Одним из наиболее распространенных на сегодняшний день формат файлов для хранения моделей молекул является формат PDB.

Минимальной структурной единицей хранения данных в файле формата PDB является текстовая строка. Одна строка может содержать как вспомогательную информацию, например, название молекулы, так и характеристики отдельного атома. Набор строк, содержащих характеристики атомов, описывают структуру молекулы. В каждой такой строке содержится информация о типе атома и его координаты в пространстве. Под типом атома подразумевается как его химический знак в периодической таблице Менделеева, так и данные о его вхождении в различные структуры (например, циклы) и степень гибридизации атома.

В некоторых случаях файлы PDB могут лишь частично соответствовать стандарту. Среди типичных ошибок, встречающихся в таких файлах можно выделить следующие:

- Отсутствие в типе атома иной информации, кроме его знака в периодической таблице элементов;
- Противоречивость информации о типах атомов;
- Запись информации о типе атома в форме, не соответствующей стандарту.

Существующие программы-редакторы не позволяют работать с поврежденными PDB-файлами. Данная работа посвящена разработке программы-редактора органических молекул, которая могла бы работать с поврежденными файлами в формате PDB, содержащими до нескольких десятков тысяч атомов. Отсутствующую информацию о типах атомов предлагается восстанавливать автоматически, предварительно определив связи каждого атома.

В рамках работы создан алгоритм построения связей. Для функционирования алгоритма необходимо наличие в файле PDB лишь минимального набора данных: координат атома и его знака в периодической таблице. Наличие связи между каждой парой атомов определяется следующим образом: между двумя атомами органической молекулы есть ковалентная связь, если евклидово расстояние между ядрами атомов меньше суммы их ковалентных радиусов (плюс

некоторая константа). Кратность каждой связи, т.е. число пар электронов, участвующих в ее образовании, определяется на основании ее длины и проверки предположений о вхождении связи в какие-либо из известных соединений, полученных экспериментальным путем.

Визуализация системы производится с применением библиотеки OpenGL. Для определения новых координат атомов при модификации молекулы производится минимизация потенциальной энергии системы, являющейся функцией координат атомов (используется потенциал MMFF94).

Данная работа выполнена в рамках гранта 06-П-УО-01-001.

Исследование термостабильности белков-поринов методом молекулярной динамики

Гузев М. А.*, Лихацкая Г. Н.**, Шепелов М. А.***

*Владивосток, Президиум ДВО РАН

**Владивосток, Тихоокеанский институт биоорганической химии ДВО РАН

***Владивосток, Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН
sunwards@mail.ru

Одной из фундаментальных проблем современной молекулярной биологии является предсказание пространственной структуры белков и создание на ее основе теоретических моделей для изучения их динамики и механизмов функционирования. Несмотря на огромное (более полумиллиона) и постоянно пополняемое количество аминокислотных последовательностей, пространственная структура установлена менее чем для 2000 белков. К настоящему моменту для некоторых, изучаемых в ТИБОХ ДВО РАН белков и пептидов, установлены первичные структуры, накоплен массив экспериментальных данных по конформационным превращениям белков в растворе и их функциональным свойствам. Объектами исследования являются: порообразующие белки-порины наружной мембраны *Yersinia pseudotuberculosis*, *Yersinia pestis* и *Escherichia coli*, которые относятся к бета-структурированным интегральным белкам грамотрицательных бактерий и морские токсины из анемонов. Однако в настоящее время отсутствуют рентгеноструктурные данные о пространственной структуре исследуемых поринов рода *Yersinia*.

На основе анализа близких по структуре и свойствам белков и пептидов было выполнено моделирование функционально значимых участков белковой молекулы методом молекулярной динамики с использованием последовательных и локальных изменений в их структуре. Таким образом, возникает дальнейшая проблема исследования построенной модели порина. В данной работе для исследования термостабильности белков использовался пакет программ моделирования GROMACS. С его помощью методом молекулярной динамики было определено качественное различие термостабильности поринов, что подтверждается реальными экспериментами. Так же вычислительный пакет был дополнен разработанным алгоритмом, позволяющим помещать молекулу белка в бислой, что позволило моделировать процессы в клеточной мембране.

Данная работа выполнена в рамках гранта 06-П-УО-01-001.

Windows Server 2003 Environment', который является обязательным для получения статуса MCSA и MCDBA.

●Курс 2555 'Разработка приложений Windows Forms с помощью C# и Microsoft Visual Studio .NET'. Общий объем – 40 часов, из них 25 часов теория и 15 часов практика. После прохождения курса слушатель приобретает знания и навыки, необходимые для сдачи сертификационного экзамена 70-316 'Developing and Implementing Windows-based Applications with Microsoft Visual C# .NET and Microsoft Visual Studio .NET', который является обязательным для получения сертификатов MCAD и MCSD.

●Курс 2563 'Поддержка пользователей операционных систем Microsoft Windows XP'. Общий объем 24 часа. После прохождения курса слушатель приобретает знания и навыки, необходимые для сдачи сертификационного экзамена 70-271 'Supporting Users and Troubleshooting a Microsoft Windows XP Operating System', который является обязательным для получения сертификата MCDST.

Анализ возможностей пакетов ANSYS/Flotran и CFX для расчета течений многокомпонентных высокотемпературных жидкостей

Наседкин А. В.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
nasedkin@math.rsu.ru

В настоящее время актуальными становятся исследования, связанные с течением сверхкритических жидкостей с учетом эффектов турбулентности, больших температур и протекающих химических реакции. Сопреженной проблемой является моделирование акустических методов контроля состояния сверхкритических сред с использованием систем пьезоэлектрических датчиков.

В докладе описываются математические модели, отражающие гидродинамические процессы в реальных лабораторных установках, предназначенных для проведения экспериментов с экстракцией и модификацией биологически активных соединений в сверхкритической воде. Рассматриваемая модель описывает гидродинамику жидкости в трехмерных постановках и при моделировании по технологии частичной связанности сопрягается с математической моделью контроля состояния сверхкритических сред. Анализируются возможности гидродинамических подпакетов Flotran и CFX конечно-элементного программного комплекса ANSYS для моделирования рассматриваемых задач. Отмечается значительно более мощные средства пакета CFX, приводятся примеры моделирования лабораторных установок и протекающих в них процессов и результаты тестовых экспериментов.

Описана также комплексная математическая модель контроля состояния сверхкритических сред акустическими методами с использованием системы пьезоэлектрических датчиков, основанная на конечно-элементных технологиях. Данная модель описывает распространение акустических волн в исследуемой среде и корпусе установки, излучение и прием акустических колебаний пьезоэлектрическими датчиками с учетом элементов внешних электрических цепей.

специалистов, но и предоставить преподавателям время и ресурсы для разработки учебных материалов и эффективного выполнения учебного плана. Ситуация усугубляется чрезвычайно высокими темпами развития ИТ-сферы, когда период кардинальных изменений компьютерных технологий составляет два-три года.

Участникам программы Microsoft IT Academy предоставляются методические ресурсы, разработанные на основе практического опыта, планы проведения занятий, семинаров и виртуальных лабораторных работ, которые позволяют интенсифицировать и обогатить учебный процесс в аудитории, а также стандартизировать обучение и сэкономить время преподавателя. Программа IT Academy предоставляет ее участникам электронные образовательные средства и ресурсы, доступные в любое время и в любом месте; предлагает методические материалы для различных форм обучения, включая самообразование и повышение квалификации преподавателей. Важной особенностью учебных курсов Microsoft IT Academy является соединение теории с решением практических задач в области ИТ.

Участие мехмата ЮФУ в образовательной программе Microsoft позволит решить целый ряд серьезных задач. Во-первых, это получение значительного количества лицензий на использование программного обеспечения корпорации Microsoft в учебном процессе. Во-вторых, это поддержание актуального состояния, причем на мировом уровне, программ обучения по ИТ-дисциплинам. В-третьих, это увеличение привлекательности для абитуриентов специальности «Прикладная математика и информатика» и повышение конкурентоспособности ЮФУ (причем не только среди вузов региона). И, наконец, это разработка элементов международных магистерских образовательных программ на английском языке.

Мехмат стал участником Microsoft IT Academy Program в 2006 году, после завершения ряда подготовительных мероприятий. С 2004 года мехмат получает программное обеспечение по подписке MSDN Academic Alliance. В 2005 при финансовой поддержке IREX на факультете был разработан план подготовки и сертификации ИТ-специалистов, в результате реализации которого в 2005 и 2006 годах пять человек получили статус Microsoft Certified Professional (MCP) и один – статус Microsoft Certified Application Developer (MCAD).

Заметим, что образовательная программа IT Academy открывает хорошие перспективы предоставления дополнительных образовательных услуг, т.к. ориентирована не только на обучение, но позволит получать слушателям сертификаты Microsoft (MCP, MOS, MCAD, MCSA и др.). Это поможет студентам быстрее найти работу, а специалистам, повышающим квалификацию, позволит поднять свой профессиональный рейтинг и даст возможность карьерного роста.

Существует два уровня Программы: IT Pro Platinum и Microsoft Office Specialist, и мехмат ЮФУ является участником обоих уровней. На сегодняшний день обучение проводится по следующим курсам:

- Курс 2273 'Управление и поддержка среды Microsoft Windows Server 2003'. Общий объем – 40 часов, из них 23 часа теория и 17 часов практика. После прохождения курса слушатель приобретает знания и навыки, необходимые для сдачи сертификационного экзамена 70-290 'Managing and Maintaining a Microsoft

Способ определения продольной силы натяжения в эластичных структурах

Гуляев Ю. П.

Саратов, Саратовский государственный университет
gulvis@yandex.ru

Предлагается простой способ определения силы сосудистого тонуса. Для этого необходимо выделенный участок сосуда закрепить своими концами и дважды оттянуть его в поперечном направлении, прикладывая силу посередине участка. При этом замеряется сила оттяжки и перемещение средней точки сосуда. По формуле, полученной из условия равновесия силового узла, вычисляется сила предварительного натяжения сосуда. При этом рассматриваются два случая приложения нагрузки: симметричное и несимметричное. В последнем случае достаточно произвести оттяжку сосуда только один раз (падающий режим). Формула для вычисления продольной силы получена как для упруго, так и нелинейно-упругого поведения материала сосуда.

Решение задачи определения динамики кровотока в крупных артериях по одномерной теории с использованием ПК

Гуляев Ю. П., Елшин М. А.

Саратов, Саратовский государственный университет
michael_ema@mail.ru

Сформулированы уравнения одномерной динамики тока крови в артериальных системах крупных кровеносных сосудов. Получено аналитическое решение этой системы уравнений и рассмотрены некоторые варианты задания граничных и контактных условий. Описан комплекс программ, решающих поставленную задачу для произвольной артериальной системы.

Основная используемая система включает в себя следующие уравнения: упрощенное одномерное дифференциальное уравнение течения вязкой несжимаемой жидкости, уравнение неразрывности, которое связывает объемный расход Q с радиальным перемещением стенок сосуда w , динамические уравнения осесимметричного движения круговой цилиндрической оболочки по безмоментной теории, соотношения идеальной упругости стенок сосуда для обобщенного плоского напряженного состояния. Данная система приводится к системе трех уравнений относительно продольных и радиальных перемещений и объемного кровотока. Представляя эти функции в виде комплексного ряда Фурье относительно времени, получаем систему дифференциальных уравнений шестого порядка относительно трех функций зависящих только от продольной координаты. Для того чтобы полностью решить задачу, задаются шесть условий для каждого участка. Для определения среднего тока крови, используется электрическая аналогия.

Суть ее заключается в том, что ток крови вычисляется как постоянный электрический ток в цепи с активными сопротивлениями. Для этого применяются законы Кирхгоффа и устанавливаются соответствия между гидродинамическими и электрическими параметрами.

Разработано ПО, предназначенное для моделирования кровотока на участке артериальной системы человека. Программное обеспечение позволяет графически создавать артериальное русло, задавать параметры крови и каждой артерии в отдельности. По построенной артериальной системе в процессе выполнения программы строится и решается система уравнений, а результат решения выводится в виде различных графиков в многооконный пользовательский интерфейс. В качестве входных данных программное обеспечение принимает следующее: геометрия артериальной системы, параметры крови, параметры сосудов, входной объемный кровоток, параметры связывающие объемный кровоток с давлением на выходах. Выходными данными являются давление крови и объемный кровоток в артериальном русле. Результаты представляются в виде графиков зависимостей $P(x, t)$ и $Q(x, t)$. Эти зависимости представляются различными графиками: двумерными и трехмерными. Двумерные графики показывают изменение по одной переменной при второй фиксированной, или анимация при переборе второй координаты. Возможен просмотр графиков как для конкретного участка, так и для всей артериальной системы в целом – выводится на экран дисплея семейство анимированных графиков.

Биомеханическая диагностика hallux valgus

Ежов М. Ю., Рукина Н. Н.
Н.Новгород, ФГУ «ННИИТО Росздрава»
ortho@pochta.ru

Несмотря на большое количество методик, проблема лечения вальгусной деформации первого пальца стопы до сих пор не получила окончательного решения. По данным различных авторов, предложено более 300 видов операций при данной патологии, однако в литературе до сих пор ведутся споры об адекватной тактике лечения заболевания. В зависимости от хирургической тактики рецидивы наблюдаются в 5-57%, а показатели удовлетворительных и неудовлетворительных результатов составляют до 90%!

Для повышения точности диагностики при планировании лечения больных и улучшения качества оперативного вмешательства нами было предложено математическое моделирование процесса лечения вальгусной деформации первого пальца стопы. При изучении результатов лечения 120 пациентов (140 операций) мы проанализировали технику выполненной хирургической коррекции стопы.

На основе выявленных закономерностей нами были разработаны и применены на практике новые хирургические технологии. Компьютерное алгоритмирование тактики лечения с учётом биомеханики стопы проведено 23 больным, которым выполнена корригирующая остеотомия проксимального метафиза первой

акустический, который не является травматическим и может быть использован несколько раз за время реабилитации. При этом анализ амплитудно-частотных характеристик бедренной кости позволяет оценить параметры упругих модулей и плотности в окрестности места перелома, а разработка недорогих и достаточно точных методов диагностики, основанных на простых моделях балок переменной жесткости, является актуальной задачей.

В качестве математической модели рассмотрена задача об изгибных колебаниях балки переменной жёсткости с шарнирным опиранием. Решение прямой задачи сведено к решению интегрального уравнения Фредгольма 2-го рода, приближенное решение которого строится методом коллокаций и сводится к решению алгебраической системы относительно узловых неизвестных. Построены графики величины смещения стержня в срединном сечении в зависимости от волнового числа при моделировании процесса регенерации и результаты численных экспериментов при трехзонной структуре кости (в месте сращивания модули на несколько порядков меньше физиологических значений). Исследована структура спектра в зависимости от характеристик зоны сращивания, выяснены возможности реконструкции по данным частотного зондирования. Результаты численного моделирования сравнены с точными резонансными частотами, полученными из анализа частотного уравнения для трехслойной балки с мягким средним слоем малой длины.

Приведена постановка обратной задачи о реконструкции модуля Юнга как функции координат, построен итерационный процесс на основе сочетания метода коллокаций и метода регуляризации А. Н. Тихонова.

О реализации программы Microsoft IT Academy на мехмате ЮФУ

Надолин Д. К., Надолин К. А., Положенцева Т. Е.
Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
nadolin@math.rsu.ru

Участие в образовательной программе Microsoft IT Academy является весьма перспективным делом для факультета математики, механики и компьютерных наук в новых условиях формирования Южного федерального университета. Продвигая программу IT Academy, корпорация Microsoft устанавливает единый международный стандарт преподавания целого ряда курсов в области информационных технологий Microsoft, как лидера в производстве программного обеспечения. Поэтому участие в Программе позволяет вузу проводить обучение на уровне мировых стандартов, а студентам – получать знания и навыки работы с широко распространенным программным обеспечением, становясь востребованными на рынке труда специалистами.

Реализация образовательных программ в области современных информационных технологий в современном университете связана с решением серьезной проблемы – необходимо не только подготовить учебные программы курсов по ИТ-дисциплинам, которые будут актуальны для профессиональной подготовки

Моделирование фиксаторов, изготовленных из сплавов с памятью формы для остеосинтеза переломов нижней челюсти

Кучумов А. Г., Лохов В. А., Няшин Ю. И., Чурин А. Ф.
Пермь, Пермский государственный технический университет
kuchumov@inbox.ru

В челюстно-лицевой хирургии при остеосинтезе переломов нижней челюсти используют фиксаторы, изготовленные из сплавов с памятью формы, так как они не вызывают коррозии и отторжения тканей, а кроме этого способны создавать благоприятное поле напряжений в области роста. Однако для эффективного сращения отломков необходимо знать напряженно-деформированное состояние восстанавливаемой кости и, следовательно, нагрузки на кость. Это связано с тем, что на скорость роста биологических тканей существенное влияние оказывает напряженно-деформированное состояние в области роста. В работе использовались 2 подхода к моделированию фиксаторов из никелида титана: создание заданных усилий в области крепления фиксатора и оптимальное моделирование точек крепления. В работе использовались определяющие соотношения, полученные Мовчаном. Данная работа позволяет рассчитывать напряженно-деформированное состояние в области остеосинтеза для любого пациента и разрабатывать объективные подходы к выбору фиксаторов с эффектом памяти формы.

В результате на основе модели предложена техника предоперационной подготовки фиксатора для того, чтобы после установки фиксатор создал требуемые усилия в точках крепления за счёт эффекта памяти формы. При этом фиксатор не деформируется (т.е. полная деформация фиксатора равна нулю), и тем самым минимизирована потенциальная возможность травмы окружающих мягких тканей. Техника предоперационной подготовки сведена к параметрам (сила и перемещение точек крепления фиксаторов), которые удобны для использования медиками в предоперационном планировании.

Моделирование диагностики срачивания бедренной кости

Морусова Т. А.
Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
DSAnikin@mail.ru

При диагностике срачивания кости после перелома оценка врача является достаточно субъективной, поскольку он использует мануальные ощущения о жесткости кости и рентгеновское оборудование, которое является громоздким и не рекомендуется к частому использованию в силу неблагоприятного воздействия рентгеновских лучей на человеческий организм. Такая оценка не даёт информации о степени консолидации костных обломков. Одним из простых в реализации методов определения характеристик ткани в месте перелома является

плюсневой кости с наложением аппарата внешней фиксации. 16 больным фиксация осуществлялась с помощью билатерального аппарата, 7—моноплатерального аппарата.

С целью оценки статико-динамической функции стопы при диагностике вальгусной деформации первого пальца проведены биомеханические исследования, включающие изучение вертикальной позы и ходьбы. Для регистрации характера распределения опорных реакций стопы при поддержании вертикальной позы использована система «Foot-scan» (Tescan, США) со стельками, снабжёнными микробарорецепторами, с помощью которых получают объективную информацию о распределении нагрузки по стопе пациента.

Для получения нормальных значений было обследовано 20 здоровых человек в возрасте от 20 до 40 лет. Были получены следующие значения нормы: распределение давления на передний отдел – 60%, на задний – 40% от давления на всю стопу. Период опоры (от цикла шага) составил 62%; период переноса (от цикла шага) – 38%; коэффициент ритмичности ходьбы – 0,98%.

При обследовании 12 пациентов с вальгусной деформацией первого пальца стопы были получены следующие средние значения:

Распределение давления на передний отдел стопы – 34,49%

Распределение давления на задний отдел стопы – 64,18%

Время опоры – 70,11%

Время переноса – 29,88%

Коэффициент ритмичности – 0,88.

Из представленных значений видно, что биомеханические показатели нижних конечностей у больных с вальгусной деформацией первого пальца стопы значительно отличаются от таковых у здоровых людей, что может быть использовано в качестве диагностического критерия.

Применение принципов математического моделирования, в том числе оценка биомеханических параметров, позволили достичь положительных результатов у 93% больных.

Некоторые задачи наномеханики

Еремеев В. А.*, Иванова Е. А.**, Морозов Н. Ф.***

*Ростов-на-Дону, Южный научный центр РАН

**Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет

***Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет
eremeyev@math.rsu.ru

Одной из ключевых задач наномеханики является определение свойств нанообъектов. В данной работе представлены результаты разработки теоретической основы экспериментального определения параметров жесткости нанообъектов. Один из наиболее эффективных методов определения упругих модулей, используемых в макромеханике, основан на измерении собственных частот исследуемого объекта. Обсуждаются нюансы, возникающие при использовании этого метода применительно к нанообъектам. Рассматриваются задачи определения

изгибной жесткости нанооболочек и наностержней, в частности, для спиральных наноразмерных оболочек и высокоориентированных массивов нанотрубок или нанокристаллов.

Представлен метод экспериментального определения изгибной жесткости нанооболочек. Идея метода в том, чтобы 1) возбудить колебания нанооболочки, при которых деформация оболочки связана только с изгибом материала, а растяжение и сдвиг отсутствуют, либо пренебрежимо малы; 2) измерить первые собственные частоты колебаний нанооболочки; 3) по собственным частотам колебаний нанооболочки вычислить ее изгибную жесткость. Основные трудности на пути реализации этого метода связаны с измерением собственной частоты одного нанообъекта.

Метод позволяет экспериментально определить первые собственные частоты одной нанотрубки путем сравнения спектра системы решетка–подложка и спектра одной подложки. Метод особенно эффективен и обладает высокой точностью, когда первые собственные частоты нанообъектов сравнимы с первыми собственными частотами подложки (как в рассмотренном здесь примере). Таким образом, при использовании данного метода определяющим фактором является удачный подбор соотношения геометрических и физических характеристик нанообъектов и подложки.

Идеи, лежащие в основе предложенного метода, распространены на случай некоторых биологических нанообъектов – нановолокон, плавающих в растворе. Предложена модель, позволяющая определить некоторые характеристики нановолокон, по изучению распространения волн в жидкости, содержащей упорядоченный набор нановолокон.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 05-01-00094-а, 06-01-00452-а), Фонда содействия отечественной науке, гранта Президента РФ № МД-4829.2007.1 и гранта Президента РФ № НШ-4518.2006.1.

О поверхностных волнах в полупространстве, на поверхности которого задано неоднородное распределение нанообъектов

Еремеев В. А.*, Коновалова А. Л.**

**Ростов-на-Дону, Южный научный центр РАН*

***Ростов-на-Дону, Ростовский государственный университет путей
сообщения
eremeyev@math.rsu.ru*

Решена задача о распространении поверхностных волн в упругом полупространстве, на поверхности которого задано непрерывное и неоднородное распределение нанообъектов (нанокристаллов или нанотрубок), обладающих собственной динамикой. Нанообъекты моделируются при помощи гармонических осцилляторов или балок типа Бернулли-Эйлера, упругие и инерционные характеристики которых зависят от точки закрепления на поверхности. При некоторых предположениях построены дисперсионные соотношения. Проанализиро-

Молекулы удовольствия

Курбатов С. В.

*Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
kurbatov@rsu.ru*

Рассматриваются механизмы взаимодействия синаптических рецепторов с эндогенными и экзогенными нейромедиаторами, нейrogормонами и нейропептидами, определяющими эмоциональный фон человека, а также обсуждается взаимосвязь структура-свойство важнейших соединений, запускающих «механизм награды».

В последние годы накоплены значительные экспериментальные данные о влиянии этанола и его метаболитов, в том числе образующихся неферментативно, на биохимические причины возникновения алкогольной зависимости. Синтезируемые *in vivo* из ацетальдегида и биогенных аминов тетрагидроизохинолины выступают в качестве суррогатных лигандов опиоидных систем, оказывая стимулирующее потребление этанола действие. Установлено, что эффекты дофамина и серотонина противоположным образом влияют на алкогольную мотивацию: повышение уровня дофамина увеличивает, а серотонина – уменьшает ее проявления.

Об эффективной дискретизации вариационных задач

Курбатова Н. В.

*Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
nvk@math.rsu.ru*

На основе решений Сен-Венана сложные трехмерные задачи для псевдоцилиндров сводятся к серии краевых задач на сечении. Разработка программ на основе МКЭ, позволяющих численно решать такие краевые задачи, сопряжена со сложной проблемой дискретизации нестандартных вариационных уравнений [1].

Благодаря тому, что конечно-элементный подход обуславливает блочную структуру локальных систем линейных уравнений, существует возможность функциональной репликации блоков. Получение аналитических выражений «родительского» блока также является непростой задачей.

Автором предлагаются эффективные алгоритмы программной реализации варьирования искомым функций в вариационном уравнении, которые позволяют получить коэффициенты блоков, для любых типов конечных элементов, функциональной формы, а также геометрии сечения.

В дополнение были разработаны пакеты программ, выполняющие семантический анализ элементов блоков и их модификацию, в результате которой получены коды, непосредственно используемые при конечно-элементной реализации краевых задач.

[1] Устинов Ю.А. Задачи Сен-Венана для псевдоцилиндров. М.: Наука, 2003. 128 с.

Об осесимметричной форме потери устойчивости полого нелинейно-упругого шара, нагруженного внутренним давлением

Краснов А. Ю.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
krasnuy@list.ru

В трехмерной постановке исследуется потеря устойчивости в малом полого высокоэластичного нелинейно-упругого шара при раздувании внутренним давлением. Материал полого шара считается изотропным и несжимаемым. Докритическое состояние, в котором на внутренней поверхности полого шара действует равномерное гидростатическое давление, определяется из решения радиально симметричной задачи нелинейной теории упругости.

Составлены уравнения нейтрального равновесия для модели материала Огдена. Из их решения, определяется критическое значение давления, при котором возникает бифуркация равновесия. Рассматриваются осесимметричные формы потери устойчивости, описываемые при помощи полиномов Лежандра. В рамках указанных условий, задача устойчивости сведена к краевой задаче для системы обыкновенных дифференциальных уравнений, которая решается численно, конечно-разностным методом.

Найдены численные значения внутреннего давления, при которых возможны осесимметричные формы потери устойчивости. Установлено существование точек бифуркации на возрастающем участке диаграммы деформирования полого нелинейно-упругого шара.

Об опыте использования некоторых современных информационных технологий для активизации самостоятельной работы студентов младших курсов

Кряквин В. Д.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
vadkr@math.rsu.ru

Предлагается методика индивидуальных домашних заданий в университетском курсе «Линейная алгебра» с сопутствующими учебными материалами, основанная на использовании возможностей информационных технологий по генерации типовых заданий и их тестовой проверке и показавшая более высокую эффективность по освоению базовых знаний по сравнению с традиционной методикой в условиях современного учебного процесса.

вано влияние неоднородности распределения нанообъектов на дисперсионные кривые и на условия поглощения поверхностной волны.

Полученные результаты представляют интерес для разработки сенсоров на поверхностных волнах, развития методов изучения свойств нанопокрывтий.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Фонда содействия отечественной науке.

Об изгибе пластинки, испытывающей фазовые превращения

Еремеев В. А.*, Макарьев А. И.**

**Ростов-на-Дону, Южный научный центр РАН*

***Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет*
eremeyev@math.rsu.ru

Рассмотрена задача об изгибе упругих пластинок, испытывающих фазовые превращения. Деформация пластинки описывается в рамках линейной теории. Использован вариационный подход: равновесное решение должно доставлять минимум функционалу потенциальной энергии пластинки. Варьирование производится независимо для функции прогибов w и радиус-вектора линии, разделяющей разные фазы материала пластинки. Получено дополнительное соотношение, необходимое для определения кривой, разделяющей фазы материала. В качестве примера решена задача о чистом изгибе круговой пластинки.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Фонда содействия отечественной науки и РФФИ (07-01-00525).

Моделирование летательного аппарата насекомых

Еремеев В. А.*, Соловьев А. Н.**, Шевцова В. С.**

**Ростов-на-Дону, Южный научный центр РАН*

***Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет*
barbaragen4@mail.ru

Первым шагом в моделировании летательного аппарата насекомых является изучение его структуры. Проведенный в работе обзор показывает, что мембрана крыла насекомого обычно покрыта чешуйками, волосками, стерженьками и бугорками, которые осуществляют различные функции, такие как видоспецифичная окраска, уменьшение сопротивления воздуха во время полета, уменьшение смачиваемости крыла, защита от загрязнения.

Крылья состоят из кутикулы, биологического волокнистого композита (Neville, 1993), механические свойства которого в зависимости от химического состава могут варьировать от очень жестких до гибких (Herburt; Herburt; Herburt and Hackman). Кроме того, соединения жилок у некоторых видов насекомых содержат резилин – белок, похожий по своим свойствам на резину (Andersen and Weis-Fogh, 1964) и, вероятно, участвуют в механическом контроле кручения крыла и аккумулировании упругой энергии (Gorb, 1999).

Поверхности крыла несут тонкий нерегулярный узор, напоминающий слегка поврежденную ворсистую ткань (Wagner et al., 1996). При микросканировании (SEM – сканирующая электронная микроскопия) поверхности крыла были обнаружены различные микрообразования, являющиеся отростками воскового покрытия кутикулы, и царпины, плотность которых отличается от плотности окружающего материала. Достоверно функции воскового покрытия не известны.

Ширина царпин варьирует от 0.94 до 4.01 μm (в среднем – 1.81, s.d.=0.63, n=42). При большем увеличении покрытия мембраны обнаруживаются крошечные стерженьки (длина=290nm, s.d.=40, n=23; ширина=60nm, s.d.=10, n=36). Плотность их расположения 69 штук на $1\mu\text{m}^2$ (s.d.=4.1, n=5). Стерженьки на поверхности царпин немного отличаются. Длина их составляет 0.42 μm (s.d.=0.10, n=10). Длина сжатых стерженьков в царпинах составляет 0.22 μm (s.d.=0.02, n=8). Стерженек чаще состоит из 2 субъединиц. Стерженьки на жилках крыла длиннее и разнообразнее по сравнению со стерженьками на мембране (длина=970nm, s.d.=310, n=40).

Восковое покрытие секретируется один раз в течение жизни насекомого и далее никогда не обновляется и не пополняется. Поэтому паттерн царпин в целом отражает индивидуальную историю насекомого: как правило, количество царпин у пожилых особей значительно больше, чем у молодых.

Мембрана крыла имеет толщину около 2 μm и, в основном, состоит из кутикулы, главный компонент которой – ламеллы (волокна) толщиной около 25nm, ориентированные определенным образом и, вероятно, ответственные за асимметричное сопротивление ячеек механическим нагрузкам. Толщина покрытия крыла около 0.6 μm , что составляет одну треть толщины кутикулы мембраны крыла. Логично предположить, что масса воскового покрытия может влиять на механику крыла. Кроме того, поверхность, покрытая кристаллами воска, становится шершавой. Шершавые поверхности у летающих насекомых, птиц и рыб призваны уменьшить сопротивление воздуха и воды путем создания микротурбулентностей (Nachtigall et al., 1998). Однако восковые неровности на крыльях насекомых на 1-2 порядка меньше, чем неровности, ответственные за микротурбулентности у животных с сопоставимыми числами Рейнольдса.

Крылья цикад и термитов усеяны упорядоченными гексагональными структурами. Интервалы между ними составляют от 200 до 1000 nm. Структуры обычно имеют округлую вершину и возвышаются над поверхностью крыла на 150-350 nm. Более низкие структуры, по-видимому, играют роль антиотражающего покрытия (естественный аналог stealth), а также участвуют в самоочищении крыла (эффект Лотуса). Более крупные структуры могут обеспечивать механическую жесткость для предотвращения действия повреждающих нагрузок во время полета, повышая аэродинамическую эффективность насекомого [2].

Высота бугорков на крыльях термитов от основания до вершины варьирует в пределах 225-250nm (что сопоставимо с интервалами между ними). По-видимому, они увеличивают стабильность и эффективность полета: области впадин на крыле термита помогают улавливать поток воздуха и удерживать его от преждевременного разделения. Бугорки на крыльях термитов могут действовать как альтернатива хорошо организованной системе жилок других насеко-

$$\begin{aligned} \text{rot}\mathbf{H}=\boldsymbol{\delta}, \text{div}\mathbf{B}=\mathbf{0}, \mathbf{B}=\mu_0\mathbf{H} \text{ в } \Omega^+, & \quad \Delta\varphi^*=\mathbf{0} \text{ в } \Omega^+, \\ B_n=0 \text{ на } \Gamma, & \quad \frac{\partial\varphi^*}{\partial n}=B_n^0 \text{ на } \Gamma, \\ \mathbf{B}(M) \xrightarrow{M\rightarrow\infty} \mathbf{0}, & \quad \varphi^*(M) \xrightarrow{M\rightarrow\infty} 0, \end{aligned}$$

$$\mathbf{B}=\mathbf{B}^*+\mathbf{B}^0, \mathbf{B}^*=-\text{grad}\varphi^* \text{ в } \Omega^+\cup\Omega^-,$$

где \mathbf{B}^0 – индукция первичного магнитного поля; \mathbf{B}^* – индукция поля магнитной реакции сердечника; φ^* – скалярный потенциал поля реакции и учтена уравновешенность источников.

Представлением φ^* в виде потенциала двойного слоя краевая задача преобразуется к интегро-дифференциальному уравнению первого рода относительно плотности τ , которое имеет вид $K_{\tau\sigma}\tau=f_\tau$, где

$$K_{\tau\sigma}\tau=-\frac{1}{2\pi}\frac{\partial}{\partial n}\int_\Gamma\tau\frac{\partial}{\partial n}\ln\frac{1}{r}d\Gamma, f_\tau=-2B_n^0.$$

В случае, когда k-е сечение является сингулярным (вырождается в линию Γ'_k с краем), требуется введение Γ''_k – дополнение Γ'_k до замкнутой $\Gamma_k=\Gamma'_k\cup\Gamma''_k$, а также пополнить оператор $K_{\tau\sigma}$ ортопроектором, обнуляющим значения функций на Γ''_k .

Исследование в $L^2_0(\Gamma)$ – гильбертовом пространстве функций, суммируемых с квадратом и имеющих нулевое среднее значение на Γ , показало линейность, самосопряженность и положительность оператора полученного уравнения, а использование вариационного принципа и теоремы Рисса – существование, единственность и устойчивость решения данного уравнения в энергетическом пространстве оператора.

При помощи минимизирующей последовательности Ритца, построенной на основе системы непрерывных кусочно-полиномиальных координатных функций, имеющих финитные соболевские производные с носителем $\Gamma_i\subset\Gamma$, операторное уравнение сводится к СЛАУ с вещественной симметричной матрицей.

Для решения задачи создан программный пакет, результаты работы которого сравнивались с результатами работы аналогичных пакетов. Это сравнение выявило, что созданный пакет обеспечивает более высокую точность при сокращении времени выполнения работы в 8-10 раз.

Для потенциала поля магнитной реакции задача (1) принимает вид:

$$\begin{aligned} \Delta\varphi^* &= 0, \quad \Omega^+ \cup \Omega^- \\ \varphi^{*+} &= \varphi^{*-} \\ \mu^+ \frac{\partial\varphi^{*+}}{\partial n} - \mu^- \frac{\partial\varphi^{*-}}{\partial n} &= (\mu^+ - \mu^-)H_n^0, \quad \text{на } \Gamma \\ \varphi^*(M) &\rightarrow 0 \quad \text{при } M \rightarrow \infty \end{aligned} \quad (2)$$

Представление φ^* в виде потенциала простого слоя позволяет получить интегральное уравнение второго рода, эквивалентное задаче (2):

$$\sigma(M) = \frac{\mu^+ - \mu^-}{\mu^+ + \mu^-} \frac{1}{\pi} \oint_{\Gamma} \sigma(N) \frac{\partial}{\partial n_M} \ln \frac{1}{r_{NM}} d\Gamma_N - 2 \frac{\mu^+ - \mu^-}{\mu^+ + \mu^-} H_n^0, \quad M \in \Gamma$$

Его ядро имеет особенность в угловых точках границы. Предложенное в работе преобразование позволяет перейти к уравнению с ограниченным ядром:

$$\sigma(M) = \lambda' \frac{1}{2\pi} \frac{\partial}{\partial l_M} \oint_{\Gamma} \sigma(N) \alpha_{NM} d\Gamma_N - \lambda' H_n^0, \quad M \in (\Gamma), \quad \lambda' = \frac{\mu^+ - \mu^-}{\mu^-} \quad (3)$$

Решение (3) ведется в пространстве $H_n^0(\Gamma)$ плотностей потенциалов простого слоя:

$$(\sigma, \sigma')_{H_n^0} = \oint_{\Gamma} \oint_{\Gamma} \sigma(Q) \ln \frac{1}{r_{NM}} d\Gamma_N \sigma'(M) d\Gamma_M, \quad \|\sigma\|_{H_n^0} = (\sigma, \sigma)_{H_n^0}^{\frac{1}{2}}$$

С помощью теории Фредгольма показывается корректность (3) в выбранном пространстве. Для численной реализации полученной модели создан пакет программ в системе Microsoft Visual C# 2005, позволяющий строить картину рассчитываемого поля с высокой точностью.

Интегро-дифференциальное уравнение первого рода в задаче расчета стационарных магнитных полей в присутствии идеальных проводников

Кочубей Т. В.
Новочеркасск, ЮРГТУ (НПИ)
tako84@yandex.ru

Рассмотрим задачу расчета стационарного плоскопараллельного магнитного поля в присутствии N бесконечно-длинных цилиндрических тел с идеальной проводимостью и кусочно-гладкими лишицевыми границами Γ_k поперечных сечений Ω_k^- . Здесь Γ – объединение Γ_k , Ω^- – часть плоскости, занятая сечениями тел, Ω^+ – ее внешность с магнитной проницаемостью $\mu^+ = const$. Данная проблема сводится к двумерной краевой задаче, которая в векторной и скалярной постановках имеет вид:

мых, жесткость крыльев которых сопротивляется аэродинамическим изгибающим моментам. Механическая жесткость секции крыла термита была измерена с помощью AFM в F-d mode. Секция размером $1800 \times 850 \mu m^2$ показала жесткость $0.04 N/m$. Этот результат сопоставим с жесткостью $0.07 N/m$ для секции крыла цикады такого же размера. На первый взгляд кажется, что бугорки на крыльях термитов не создают дополнительной поддержки мембраны. Однако мембрана крыла термита (толщина около $1 \mu m$) примерно в 8 раз тоньше мембраны крыла цикады в поперечном сечении. Эффективный модуль Юнга секции крыла обратно пропорционален третьей степени толщины крыла (рассматриваем изолированную секцию крыла как изотропную тонкую балку).

Кроме того, были обнаружены дефектные гексагональные бугорки, расположенные обособленно с интервалами в $700-1000 nm$ (расстояние от центра до центра) и высотой около $150-250 nm$. По высоте эти структуры сходны с бугорками на крыльях цикад, но интервалы между ними в 4-5 раз больше [1].

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 05-01-00690, 06-01-08041).

1. Natural nano-structures on insects – possible functions of ordered arrays characterized by atomic force microscopy G. S. Watson, and J. A. Watson, 8th European Vacuum Conference and 2nd Annual Conference of the German Vacuum Society, Volume 235, Issues 1-2, pp. 139-144, 2004.

2. Microsculpture of the wing surface in Odonata: evidence for cuticular wax covering. S. N. Gorb, A. Kesel and J. Bergera, Arthropod Structure & Development, Volume 29, Issue 2, April 2000, pp. 129-135.

Динамические периодические графы

Ерусалимский Я. М., Кузьминова М. В.
Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
kuzminovy@aaanet.ru

Введено понятие динамического периодического графа. Допустимым считается путь, все дуги которого активны в момент их прохождения. Предложен алгоритм построения вспомогательного графа, на котором присутствуют лишь допустимые для исходного графа пути. Сформулирована теорема, устанавливающая связь между исходным и вспомогательным графами.

Рассмотрены задачи о нахождении максимального динамического потока с заданным начальным моментом времени и к определенному моменту времени в периодической динамической сети.

Приведены модифицированные алгоритмы Форда-Фалкерсона, решающие поставленные задачи на исходном графе (с учетом ограничений на достижимость) и алгоритмы поиска максимальных динамических потоков на вспомогательном графе.

Определена суммарная величина динамического потока. Установлено, что эта величина постоянна для периодического участка и предложен алгоритм ее поиска.

Рассмотрена задача о случайных блужданиях частицы по вершинам периодического динамического графа. Матрица переходных вероятностей для исходного графа в заданный момент времени и с учетом ограничений на допустимые пути восстанавливается по матрице переходных вероятностей вспомогательного графа.

Рассмотрена задача о нахождении кратчайшего пути с заданным начальным моментом времени, а также задача о нахождении кратчайшего пути между двумя вершинами в заданные моменты времени. Приведены алгоритмы их поиска.

Об учете микроструктуры в нелинейной теории изгиба и кручения

Зеленина А. А.

Ростов-на-Дону, НИИ механики и прикладной математики им. Воровича И. И.
a.zelenina@gmail.com

Точная нелинейная теория пространственного изгиба и кручения распространена на стержни из микрополярных материалов, обладающих вращательными степенями свободы и моментными напряжениями. Построены специальные семейства конечных деформаций микрополярных сред. На этих деформациях исходная система уравнений равновесия с тремя независимыми переменными редуцируется в систему с двумя независимыми переменными. Осуществлена постановка нелинейных задач Сен-Венана для микрополярных призматических и винтообразных тел. Получены вариационные формулировки двумерных краевых задач на сечении бруса из микрополярного материала. Выведены энергетические соотношения между силовыми и кинематическими параметрами изгиба и кручения микрополярных тел.

Конечноэлементное моделирование поведения артерий человека с патологическими извитостями

Иванов Д. В., Коссович Е. Л.

Саратов, Саратовский государственный университет
IvanovDV@info.sgu.ru

Нарушения мозгового кровообращения на протяжении многих лет занимают одно из лидирующих положений в структуре заболеваемости и смертности. Нередким случаем являются извитые артерии разной формы. Чаще всего встречаются извитости вида С- (полная петля вокруг оси) и S- (койлинг, т.е. образование спирали). Одним из негативных последствий образования извитостей является образование септ – локальных разрастаний эндотелия в просвете сосуда. Еще одним отрицательным последствием извитости является складывание образовавшейся петли, которое, в свою очередь, может привести к ишемическому инсульту.

Равновесие упругой цилиндрической трубы, заполненной тяжелой жидкостью

Колесников А. М.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
alex_kam@yahoo.com

В работе рассматривается задача о равновесии упругой трубы под давлением тяжелой жидкости. Труба моделируется как безмоментная оболочка, изготовленная из высокоэластичного несжимаемого материала. Считается, что оболочка покоится на гладкой поверхности и заполнена внутри тяжелой жидкостью под давлением. Весом оболочки, по сравнению с весом жидкости пренебрегаем.

Решение задачи строится из двух решений: в области контакта с поверхностью и вне ее. На решения накладываются условия неразрывности и гладкости в точке сопряжения. В силу несопротивляемости оболочки к изменению кривизны и отсутствию трения в области контакта задача сводится к растяжению части оболочки вдоль опорной поверхности. Вне области контакта решается задача о равновесии части оболочки под действием неравномерно распределенной нагрузки.

В работе исследована деформация оболочки кругового поперечного сечения постоянной толщины. Показано, что в этом случае деформация вдоль меридиана оболочки постоянна. Построены численные решения для оболочки, изготовленной из материала Бартеньева-Хазановича. Восстановлены формы деформированной трубы для некоторых величин давления и плотности жидкости.

Расчет плоско-параллельного магнитного поля в присутствии намагничиваемых тел с кусочно-гладкими границами

Комашко М. В.

Новочеркасск, ЮРГТУ (НПИ)
max_789@pochta.ru

Решается задача расчета магнитного поля в присутствии линейного ферромагнитного сердечника с однородными магнитными свойствами и кусочно-гладкой границей. Пусть Ω^- – сечение сердечника с магнитной проницаемостью $\mu^- = const$ и Ω^+ – внешность этого сечения с $\mu^+ = const$, $\mu^+ \neq \mu^-$. Исходная краевая задача имеет вид:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \vec{H} &= \delta, \operatorname{div} \vec{B} = 0 \\ H_r^+ &= H_r^-, B_n^+ = B_n^- \\ \vec{B} &= \mu \vec{H}, \vec{B}(M) \rightarrow 0 \text{ при } M \rightarrow \infty \end{aligned} \quad (1)$$

Положим $\vec{H} = \vec{H}^0 + \vec{H}^*$, где \vec{H}^0 – первичное поле, \vec{H}^* – поле реакции сердечника.

Анализ влияния малых параметров в нестационарной задаче термоэлектроупругости для тонкостенного элемента

Ковалева В. В.

Ростов-на-Дону, АНО «Методологический центр»
val@metod.ru

Многие из современных измерительных устройств, в том числе, устройств медицинской диагностики, работают на основе пьезо- и пирозффекта.

В работе рассмотрена нестационарная задача термоэлектроупругости для тонкостенного элемента, который является важнейшей составной частью датчиков. Для корректной постановки задачи использован вариационный принцип термоэлектроупругости с единым функционалом, а уравнения движения сформулированы в пространстве изображений по Лапласу во времени.

В результате обезразмеривания получена система уравнений, записанная в операторном виде, с тремя малыми параметрами – коэффициентом связанности, параметром тонкостенности, коэффициентом при инерционных слагаемых. Задача исследована с точки зрения влияния малых параметров на электрический потенциал в результате теплового воздействия.

Сформулированы упрощенные постановки, выявлены области изменения параметров, при которых возможно их использование.

Анализ режимов системы популяционной кинетики с косимметрией

Ковалева Е. С.*, Цибулин В. Г.**

*Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

**Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
tsybulin@math.rsu.ru

Исследуется динамика системы нелинейных параболических уравнений, описывающей взаимодействие трех сосуществующих популяций. Соответствующая начально-краевая задача на отрезке с краевыми условиями Дирихле при определенных условиях на параметры задачи и нелинейность системы обладает косимметрией. Построена конечно-разностная схема с использованием аппроксимаций специального вида, сохраняющая косимметрию исходной задачи. Разработан алгоритм вычисления континуальных (косимметричных) семейств стационарных решений и проведены вычисления семейств стационарных состояний и нестационарных режимов. Изучена потеря устойчивости нулевого равновесия, исследованы сценарии переходов и сосуществования режимов.

Данная работа посвящена исследованию патологических извитостей сонных и позвоночных артерий и включает медицинскую и математическую постановку, численное моделирование и решение смешанной задачи теории упругости и гидродинамики о потоке крови через патологически извитые сонные и позвоночные артерии методом конечных элементов, а также анализ результатов.

Материал стенок предполагался однородным, ортотропным и сверхупругим. В качестве модели сверхупругого тела взята модель Неогукова материала. Кровь – однородная, несжимаемая, ньютоновская жидкость. Для осуществления двустороннего взаимодействия между стенками артерий и кровью использовался смешанный подход Лагранжа-Эйлера.

Полученные результаты позволяют установить возможную связь между зонами формирования септ, складыванием образовавшейся петли и зонами низкого сдвигового напряжения (WSS), зонами высоких циклических деформаций (CS) и зонами высокого эффективного напряжения (ES) на сосуде.

Устойчивые живые системы, состоящие из неустойчивых подсистем

Ильичев В. Г.

Ростов-на-Дону, Южный научный центр РАН
vita@mmbi.krinc.ru

Динамика живых систем (биологических, экологических и др.) определяется действием внутренних обратных связей. В общем случае пучок обратных связей представляется дискретным набором звеньев с запаздыванием или непрерывно распределенным запаздыванием. Актуальна проблема устойчивости стационарных состояний в зависимости от структуры обратных связей. Обнаружено следующее:

1. В простейшем случае пучок обратных связей содержит лишь одно звено с задержкой. Тогда, как правило, при больших запаздываниях система оказывается неустойчивой.

2. Пусть пучок обратных связей содержит два параллельных звена с запаздываниями (z_1, z_2) . Тогда система может оказаться стабильной и при сколь угодно больших запаздываниях. Пространство (z_1, z_2) является “океаном устойчивости”, которое омывает семейство “островов неустойчивости”. С помощью лучей вида $z_2 = \alpha z_1 + \beta$ удалось продемонстрировать неограниченные размеры обеих областей. Так, при всяком иррациональном α и любом β луч пересекает бесконечное множество островов неустойчивости. А при некоторых замечательных рациональных α и подходящем выборе β луч полностью лежит в океане устойчивости.

В общем случае геометрическим критерием стабильности систем с набором из n звеньев с запаздыванием также является разбиение пространства (z_1, \dots, z_n) на океан устойчивости и бесконечное семейство островов неустойчивости. Эти результаты имеют многочисленные приложения. Например, обеднение видового состава экологического сообщества приводит к сокращению числа обратных связей и может вызвать его дестабилизацию.

3. Когда пучок обратных связей является непрерывным, то во многих случаях удается ввести его глобальную характеристику – дисперсию. Показано: если дисперсия пучка обратных связей достаточно велика, то система устойчива.

Математическая модель ДНК на основе теории закрученных стержней

Илюхин А. А.*, Тимошенко Д. В.**

* Таганрог, Южный федеральный университет

** Таганрог, Таганрогский государственный педагогический институт
st.ab@tspi.org.ru

Работа посвящена изучению пространственных конформаций молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Интерес к этой тематике вызван широким внедрением ДНК-содержащих компонент в фармацевтическую продукцию нового поколения, развитием метода блокирования онкологических клеток с помощью ДНК, а также внутрибиологическими задачами. Во всех перечисленных случаях одним из важных свойств молекулы ДНК является её пространственная конфигурация. В свою очередь, во многих прикладных вопросах ведущей характеристикой пространственной конфигурации является замкнутость. Исследованию замкнутости и уделяется основное внимание в настоящей работе.

В качестве математической модели, описывающей поведение молекулы, выбрана уточнённая теория закрученных стержней, разработанная Лурье, Джанелидзе и другими. Выбор такой модели объясняется тем, что классическая теория Кирхгофа не учитывает эффекты, связанные с первоначальной закрученностью молекулы в естественном состоянии.

Построено решение уточнённых уравнений Эйлера–Кирхгофа теории закрученных стержней в случае равных жёсткостей на изгиб. Получены условия замкнутости молекулы в виде ограничений на параметры этого решения.

Применение современных ИТ в обучении студентов-физиков методам обработки экспериментальных данных

Исакова О. П.*, Тарасевич Ю. Ю.**

* Астрахань, Астраханский государственный университет

** Астрахань, Южный федеральный университет
tarasevich@aspu.ru

Обработка и визуализация результатов эксперимента (натурного и вычислительного) – неотъемлемая часть работы физика. Однако, как это ни странно, ГОС ВПО для специальности 032200 «Физика» и направление 510400 «Физика» в явном виде не предусматривают обучение студентов основным навыкам обработки и визуализации данных физических экспериментов с помощью современных программных средств.

Интегральные представления термоэластичных полей в многослойных анизотропных средах с плоскими неоднородностями

Кириллова Е. В.*, Сыромятников П. В.**

* Германия, Вейсбаден, Университет прикладных наук

** Краснодар, Южный научный центр РАН
syromyatnikov@math.kubsu.ru

Рассматривается задача об установившихся гармонических колебаниях пакета термоэластичных слоев с плоско-параллельными границами раздела при наличии плоских неоднородностей – бесконечно тонких трещин и жестких включений, расположенных между слоями. Каждый слой пакета может обладать произвольной упругой, пьезоэлектрической, диэлектрической, термоупругой, тепловой и пьезоэлектрической анизотропией. Электрическое поле считается квазистатическим, скорость передачи тепла – бесконечной. Предлагается численно-аналитический метод построения символа Фурье блочной матрицы Грина для данных сред [1], устойчивый вплоть до больших частот и волновых чисел. Метод может быть использован при решении интегральных уравнений динамической теории термоэластичности как для однородных сред, так и для сред с механическими, электрическими и тепловыми неоднородностями, в других приложениях функций Грина.

Сравниваются некоторые известные [2] и разрабатываемые [1] приближенные методы вычисления типичного для данных задач интеграла – двойного обратного преобразования Фурье – интегрального представления механических, электрических и тепловых полей в среде при сложном нагружении, заданном в виде скачков векторов перемещений или напряжений (с учетом разрывов соответствующих тепловых и электрических величин) на границах неоднородностей.

В модельных расчетах приближенно оценивались механические, электрические и тепловые поля в ближней от источника зоне на поверхности и внутри многослойного пакета с жестко фиксированным основанием. Рассматривались различные срезы и сочетания кристаллических слоев, типы неоднородностей, их взаимное расположение и геометрия.

Предлагаемые подходы и методы могут представлять интерес для теоретических задач неразрушающего контроля, акустоэлектроники, сейсмологии, разработки композитных материалов и т.д.

1. Бабешко В.А., Ратнер С.В., Сыромятников П.В. О смешанных задачах для термоэластичных сред с разрывными граничными условиями // ДАН. 2007. Т. 412. № 6. С. 753–758.

2. Бабешко В.А., Глушков Е.В., Зинченко Ж.Ф. Динамика неоднородных линейно-упругих сред. М.: Наука. 1989. 344 с.

достаточной для понимания основных идей и методов биомеханики, их реализации в работе биомедицинской диагностической аппаратуры, однако механика биологических сплошных сред, вопросы механики кровообращения, дыхания, перистальтического транспорта и многие другие не могут быть изложены в силу отсутствия подготовки по курсу механики сплошных сред, гидроаэромеханики, теории упругости, специальным главам математики. Таким образом, при преподавании биомеханики соответствующие учебные пособия должны быть по-разному организованы в зависимости от специальности слушателей.

Преподавание курсов общей биомеханики и механики кровообращения на механико-математическом факультете Харьковского национального университета ориентировано на студентов специальности «механика», которые получают фундаментальную подготовку по основным разделам механики сплошных сред. Главной проблемой при изложении материала и решении конкретных задач является знакомство с объектом исследования – его строением, механическими свойствами, принципами работы, наличием систем обратной связи (разными видами регуляции). Объект исследования непривычен для механики в силу сложной геометрии биоматериалов, их неоднородности, анизотропии. Системы управления, наличие диффузии и химических реакций приводят к существенному усложнению уравнений задачи, которые в большинстве случаев допускают лишь численное исследование.

Для облегчения усвоения материала студентами разработан мультимедийный курс лекций по общей биомеханике, включающий все основные разделы (список см. в Кизилова Н.Н. Преподавание биомеханики на механико-математическом факультете //VI Всерос.конф.по биомеханике. Нижний Новгород. 2002. С.247). Изложение начинается с подробных фотографий и схем строения клеток, тканей, органов, систем органов и организмов. В интерактивном режиме проводится знакомство с биомедицинской терминологией, приведены схемы работы органов и систем, лежащие в основе механические принципы с приложением соответствующих анимаций или видеозаписей. Затем обсуждаются особенности постановки задач для соответствующего раздела. Дается обзор различных задач, методов их решения и полученных результатов со ссылкой на источник. Список использованных источников включает 1635 статей, содержащих результаты от классических до новейших исследований по биомеханике. Таким образом, разработанный курс может использоваться и в виде справочного пособия по современным направлениям и задачам биомеханики.

В Астраханском государственном университете студентам 5 курса специальности «Физика» предлагается курс по выбору, основной целью которого является обучение студентов обрабатывать и визуализировать данные физических экспериментов. Таким образом, мы пытаемся хотя бы на последнем этапе обучения познакомить студентов с современными информационными технологиями, облегчающими работу физика-исследователя.

В рамках курса по выбору мы используем математический пакет Origin, который является наиболее популярным среди физиков. Origin – удобное и гибкое научное программное обеспечение, объединяющее возможности табличного процессора и графического редактора. Богатейшие стандартные возможности обработки данных дополняются встроенным языком программирования С, что позволяет писать собственные программы для обработки данных. Данный пакет разработан фирмой OriginLab, и находит широкое применение не только в физике, но и в других научных дисциплинах.

К сожалению, литература на русском языке по этому пакету весьма скудна. Нам известна только одна книга (Богданов А. А. Визуализация данных в Microsoft Origin. М.: Альтекс-А, 2003. 112с.), но она мало подходит для использования в учебном процессе. Так как соответствующей литературы по использованию данного пакета практически нет, возникла необходимость написать методическое пособие.

Особенность предлагаемого нами подхода заключается в том, что знакомство с пакетом проводится на примере реальных экспериментальных данных. Частично это результаты конкретных лабораторных работ, выполненных студентами на реальных установках. Частично – результаты научных исследований. На этих реальных примерах мы демонстрируем различные часто используемые возможности пакета Origin для обработки и визуализации данных физических экспериментов и учим студентов готовить графический материал по результатам экспериментов для отчетов, статей, презентаций.

На занятиях студенты учатся импортировать в Origin массивы экспериментальных данных, графически их отображать, использовать функциональные масштабы, проводить аппроксимацию, удалять шумы, анализировать данные, а также предоставлять полученные результаты в виде отчетов и графиков, пригодных для публикаций. В качестве образцов, используются графики, опубликованные в ведущих научных журналах.

Электронную версию учебного пособия можно найти на сайте <http://mathmod.aspu.ru>.

Оптимальное управление движением манипулятора

Кабельков А. Н., Притыкин Д. Е.
Новочеркасск, ЮРГТУ (НПИ)
pde10@rambler.ru

Получена математическая модель робота-манипулятора, обеспечивающего равномерное нанесение бетонной смеси на поверхность горной выработки. Для

реализации программного движения сопла манипулятора использован электро-механический привод. Усилия, обеспечивающие движение сопла по заданной траектории, получены при решении обратной задачи динамики. Для исследования устойчивости программного движения управляемой системы использован первый метод Ляпунова. Установлено, что в системе при некоторых значениях параметров возникают докритические колебания, амплитудно-частотные характеристики которых определены модифицированным методом Ляпунова-Шмидта. Для подавления этих колебаний создаются дополнительные управляющие воздействия, рассчитанные на основе теории оптимального управления.

Эволюция пузырьков в межзеренной пленке вязкой жидкости

Карпинский Д. Н., Панчихина Г. И.

*Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
karp@math.rsu.ru*

Известно, что при спекании керамики в жидкой пленке стеклофазы толщиной около 10 нм, заполняющей пространство между крупинками порошка, на границе кристаллит – стеклофаза образуются несплошности (пузырьки). Условия зарождения таких пузырьков оценены в [1, 2].

Дальнейшее исследование условий зарождения несплошностей связано с представлениями, которые обусловлены соотношением 1) кинетики проникания примесей, снижающих адгезионную прочность границы стеклофаза – кристаллит, и 2) скоростью удаления соседних кристаллитов друг от друга. Далее исследованы условия зарождения и роста несплошностей с учетом изменения поверхностной энергии стеклофазы и кристаллитов от концентрации растворенного газа. Аналогично [1, 2] рассмотрены две стадии остывания стеклофазы в виде диска с учетом неоднородности механического напряжения и температуры. Учтены в задаче режимы растяжения и сжатия стеклофазы, а также изменение углов смачивания менисков в процессе миграции газовой примеси в стеклофазе.

Данный расчет показал, что возможны два режима развития несплошностей в стеклофазе: рост равноосного пузырька в центре диска стеклофазы и отслоение стеклофазы от кристаллита. Соотношение параметров задачи, связанных с указанными режимами полностью определяет условия разрушения межзеренной прослойки.

1. Карпинский Д.Н., Панчихина Г.И. Расчет образования несплошностей в межзеренной пленке стеклофазы с учетом растворения в ней газа из окружающей среды // Вестник Тамбовского университета. 2003. Т. 8. №4. С. 729-732.

2. Карпинский Д.Н., Панчихина Г.И. Термодинамика и кинетика декогезии межзеренной газонасыщенной пленки при спекании керамики // Материаловедение. 2006. №5. С.25-28.

группы – полной длины L и среднего диаметра d . На разных стадиях роста проводились микроскопические исследования препаратов продольных срезов корней на участках выше и ниже места крепления груза и корней контрольной группы.

Статистическая обработка результатов показала, что растягивающие нагрузки стимулируют рост корней, приводя к различиям в динамике кривых $L(t)$, $d(t)$ в контрольной и кривых $L_{1,2}(t)$, $d_{1,2}(t)$ в опытной группе. Степень влияния нагрузки зависит от того, на какой стадии роста груз был прикреплен к корню. Продольное нагружение вызывает также изменения в характере утолщения корня в ходе ростовых деформаций. Эти различия были связаны со стимулирующим влиянием механических напряжений на рост корня делением или ростом отдельных участков корня, что приводило к выраженным различиям в числе клеток и их средней длине (вдоль оси корня) на микроскопических препаратах.

Обработка результатов измерений проводилась на основе квазиоднофазной модели сплошной вязкоупругой среды. Реологические соотношения включают источники слагаемые - собственные скорости роста. Получено решение задачи о ростовых деформациях стержня переменного сечения под действием растягивающей нагрузки. На основании экспериментальных зависимостей $L(t)$, $L_{1,2}(t)$, $d(t)$ и $d_{1,2}(t)$ проведена идентификация реологических параметров модели — собственных скоростей роста и тензора ростовых вязкостей. На основе полученных результатов проведено моделирование влияния изгиба и кручения на рост цилиндрических тел (корней, стеблей, стволов растений).

Мультимедийный учебник по биомеханике для механико-математического факультета

Кизилова Н. Н.

*Харьков, Харьковский национальный университет
nnk_@bk.ru*

Биомеханика представляет собой область естественных наук, развивающуюся на стыке разных дисциплин – математики, механики, биологии, физиологии, медицины, техники. Экспериментальные методы исследования в биомеханике основаны на методах физики, механики, экспериментальной биологии и медицины. Таким образом, аппарат биомеханики, используемая терминология и методы исследования являются общими для разных наук. При преподавании биомеханики на механико-математическом факультете с первых же лекций возникает необходимость ввести в обиход междисциплинарные термины, непривычные для студентов-математиков и механиков, которые не имеют соответствующей подготовки. Преподавание биомеханики на медицинском и биологическом факультетах часто затруднительно в силу недостаточной подготовки студентов по физико-математическим дисциплинам. Студенты технических университетов специальности биомедицинская техника и электроника, как правило, обладают базовой подготовкой по физике, математике, механике, биологии и медицине,

влияние внутренних напряжений на изменение длины цилиндра при отсутствии продольной силы. Показано, что дисклинации любого знака для полуприводного материала приводят к удлинению цилиндра, а для упрощенного материала Блейтца и Ко – к сжатию. Исследована возможность макрозакручивания, вызванного напряжениями моментной природы. Для конкретного вида определяющего соотношения нелинейно-упругого несжимаемого псевдоконтинуума Коссера проанализирована зависимость величины закручивания от параметра дефекта.

Для конкретной модели несжимаемого материала, характеризующейся двумя материальными параметрами – модулем сдвига μ и некоторым моментным модулем η , исследована задача о равновесии полого цилиндра с винтовой дисклокацией. Продемонстрирован переход к случаю стесненного кручения (псевдоконтинууму Коссера) при уменьшении параметра η . Проведен асимптотический анализ (при малых η) пограничных слоев нелинейной сингулярной краевой задачи.

Динамика роста корней растений под действием растягивающей нагрузки: экспериментальные результаты и теоретическая модель

Кизилова Н. Н.

Харьков, Харьковский национальный университет
nnk_@bk.ru

Влияние поля механических напряжений на рост тканей животных и растений широко исследуется в механике, экспериментальной биологии и медицине. Стимулирующее действие растяжения на рост костей в аппаратах дистракционного остеосинтеза широко используется в медицине. Стационарная растягивающая нагрузка ускоряет заживление кожных ран и способствует ориентации коллагена в растущей ткани. Периодические растяжения монослоя клеток, выращиваемого в лабораторных условиях, позволяет управлять скоростью его роста и механическими свойствами образующейся при этом ткани, которая впоследствии может использоваться для пересадки. Исследование механизмов роста и возможности контролировать прочность, толщину слоев, плотность, пористость и другие механические свойства растущей ткани позволит разработать новые методы создания материалов с оптимальными прочностными свойствами для использования в биологии, медицине и технике.

В работе представлены результаты исследования растягивающих напряжений на рост корней проростков в лабораторных условиях. К кончику корня прикреплялся груз известной массы, создававший растягивающую нагрузку, которая, по предварительным расчетам для цилиндрического стержня, превышала предельное значение напряжения, к которому чувствительны клетки ($\sigma^* \sim 30 - 300$ кПа). Контрольную группу составили проростки, растущие в том же растворе без прикрепленного груза. Ежедневно проводились измерения длин и средних диаметров двух участков корня: от семядоли до места крепления груза (L_1, d_1) и от места крепления до кончика корня (L_2, d_2), а для контрольной

Моделирование колебаний центра масс тела человека во фронтальной и сагиттальной плоскостях при опоре на одну и две ноги

Карпинский М. Ю.* , Кизилова Н. Н.**

*Харьков, Институт патологии позвоночника и суставов им. Ситенко

**Харьков, Харьковский национальный университет
nnk_@bk.ru

Одним из наиболее распространенных методов диагностики патологий опорно-двигательной системы является стабиллография (стагография); в англоязычной литературе обычно используется термин постурография). При выполнении исследования испытуемый становится на опорную поверхность стабиллографа, подвижные элементы которой перемещаются независимо и позволяют регистрировать нормальные силы реакции \vec{R}_j , приходящиеся на отдельные участки $j = 1, 2, \dots$ стоп. Полученные значения $\vec{R}_j(t)$ позволяют рассчитать координаты $(X(t), Y(t))$ проекции центра масс тела на горизонтальную поверхность во время поддержания той или иной позы. Длительный опыт использования стабиллографии в клинике показал, что различные показатели стабиллограмм могут быть использованы для диагностики состояния органов равновесия, опорно-двигательной и нервной системы. В силу сложности строения опорно-двигательной системы, наличия нескольких пар мышц-антагонистов, которые могут создавать вращающий момент в каждом из суставов, задача разработки статически определенной модели тела человека все еще является актуальной.

На базе Института патологий позвоночника и суставов им. Ситенко (г. Харьков, Украина) проведены стабиллографические исследования здоровых добровольцев и пациентов с известными патологиями суставов нижних конечностей и остеохондрозом. Тест включал процесс двухопорного стояния на поверхности стагографа в течение 30 с. При этом измерялись опорные реакции в переднем и заднем отделах левой R_1, R_3 и правой R_2, R_4 стопы. Затем та же процедура повторялась для двухопорного стояния с переносом центра тяжести на одну из стоп (положение «вольно») и для одноопорного стояния (балансирование по очереди на левой и правой стопе. В последнем случае по четыре силы реакции для каждой из стоп. Завершала тестирование процедура схода с поверхности прибора по очереди левой и правой ногой. Во всех случаях рассчитывалась траектория движения проекции центра масс тела.

Проведено исследование траекторий движения центра масс $Y(X)$. Показано, что в норме амплитуда колебаний несколько уменьшается при переносе веса тела на одну из стоп и существенно увеличивается при одноопорном стоянии (в среднем в два раза по всему массиву обследованных). Проведен спектральный анализ кривых $(X(t), Y(t))$. Показано, что при вертикальной стойке в спектре колебаний тела присутствуют три диапазона частот, характеризующихся значительной спектральной плотностью мощности. При переходе к одноопорной стойке спектральная плотность возрастает, а значения частот несколько увеличиваются. Проведено разложение кривых $Y(X)$ на случайный блуждания и высоко-частотный тремор (Zatsiorsky V.M., Duarte M., 1999). Исследование отдельных

составляющих кривых позволяет понять работу физиологических механизмов поддержания равновесной позы.

Рассмотрена математическая модель колебаний тела в сагиттальной плоскости как трехзвенного перевернутого маятника и во фронтальной плоскости как четырехзвенного маятника. Учтены моменты сил и трение в суставах. Задача сводится к системе дифференциальных уравнений второго порядка относительно углов отклонения звеньев от вертикали. Проведены численные расчеты собственных частот колебания. Полученные значения соответствуют диапазонам частот, выявленным при анализе стабิโลграмм.

Использование Flash-технологий для создания виртуальной лаборатории сопротивления материалов

Карякин М. И., Кондрашова А. С.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
kondrashova@math.rsu.ru

Технологии Flash используются для реализации виртуальной лаборатории сопротивления материалов для студентов отделения «Механика» факультета математики, механики и компьютерных наук Южного федерального университета. Целью является моделирование процесса реального проведения экспериментов и лабораторных работ по механике, выполняемых студентами на кафедре теории упругости

Для создания реалистичного трехмерного интерфейса виртуальной лаборатории используется программа 3D Canvas, предназначенная для моделирования и анимации трехмерных объектов. Программа 3D Canvas проста в использовании и имеет множество инструментов, позволяющих создавать отличные трехмерные модели. Основными достоинствами программы являются возможность создания анимации трехмерных моделей, а также то, что она распространяется бесплатно. Выходные BMP и AVI файлы интегрируются во Flash, что позволяет сделать интерфейс разрабатываемой обучающей программы максимально приближенным к реальности.

Для создания образа героя используются программы Poser 6 by Curious Labs и Daz Studio by Daz Productions. Эти программы удобны в использовании и позволяют быстро создавать и анимировать трехмерные персонажи. Daz Studio поддерживает все форматы Poser, поэтому есть возможность загрузить Poser'овские объекты в Daz Studio и работать только с этой программой, которая, как и 3D Canvas, распространяется бесплатно.

Создаваемая нами виртуальная лаборатория должна быть полностью интерактивна, то есть конечный результат зависит от действий пользователя и их порядка. Flash с одной стороны позволяет объединить в одной среде трехмерные объекты из других графических программ (Daz Studio, Poser 6, 3D Canvas), а, с другой стороны, встроенный язык ActionScript позволяет обеспечить любой требуемый уровень интерактивности.

Для реализации интерактивной виртуальной лаборатории создана иерархическая система объектов, описан набор состояний, в которых эти объекты могут находиться, а также определены возможные действия над этими объектами. В реализованной в настоящий момент версии использовано предположение, что любой объект может находиться не более чем в трех состояниях и над ним можно совершить не более чем три действия. Построенный граф состояний взаимодействует со списком возможных действий: для совершения какого-либо действия нужно установить соответствие между точками графа состояний и элементом из списка возможных действий. В результате выполнения действия осуществляется переход в соседнюю точку графа.

Приведены примеры реализации разработанных схем и алгоритмов в среде Flash.

Об учете моментных напряжений в задачах нелинейной теории упругих дислокаций

Карякин М. И., Пустовалова О. Г.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
olga-pustovalova@yandex.ru

Понятие дислокации в кристалле и связанные с ним представления и модели широко используются для описания и истолкования многих явлений в твердом теле, например, неупругость, внутреннее трение, пластическое течение, хрупкость, усталость, разрушение и др. Теория дислокаций находит широкое применение при описании таких химических явлений, как рост кристаллов, поверхностный катализ, диффузия и химические реакции в кристаллах, и таких физических характеристик как время жизни носителей в полупроводниках, коэрцитивная сила в магнетиках, электрическая прочность диэлектриков и т.д. Среди областей применения теории дислокаций – деформационное двойникование, мартенситные превращения, полимеры, жидкие кристаллы, биомембраны, стекла, аморфные металлы и т.д.

Важнейшей частью используемого математического аппарата для теоретического описания дислокаций является теория упругих дислокаций, созданная в работах В. Вольтерра и А. Лява и основанная на линейной теории упругости. Однако в ряде случаев методов линейной теории упругости недостаточно – вблизи оси дефекта напряжения и энергия дислокаций могут иметь особенности. Использование нелинейной теории упругости иногда позволяет избежать сингулярности полей напряжений и энергии, а также исследовать и объяснить некоторые явления, вызываемые дефектами.

Поскольку окрестность линии дефекта представляет собой область высокой концентрации напряжений, учет эффектов микроструктуры при ее изучении в рамках континуальной механики представляется весьма актуальным. В данной работе учет микроструктуры материала производится с помощью модели среды Коссера.

Рассмотрена задача о деформационных проявлениях внутренних напряжений, созданных в нелинейно-упругом цилиндре клиновой дислокацией. Изучено