

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И
БИОМЕХАНИКА В СОВРЕМЕННОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ**

ТРУДЫ IV ВСЕРОССИЙСКОЙ ШКОЛЫ-СЕМИНАРА

2 – 6 июня 2008 года

Ростов-на-Дону
«Терра Принт»
2008

ББК В2.Я 431

Редакторы: А. О. Ватульян, М. И. Карякин

Математическое моделирование и биомеханика в современном университете. Тезисы докладов IV Всероссийской школы-семинара, пос. Дивноморское, 2 – 6 июня 2008 г., Ростов-на-Дону, Издательство «Терра Принт», 2008 г., 96 с.

Сборник содержит тезисы докладов, представленные на IV 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, нелинейность, неоднородность, микроструктура, пьезоэффект), задачи моделирования, функционирования и роста различных биологических тканей и систем (костная и мышечная ткань, ткань кровеносных сосудов), 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.

IV Всероссийская конференция «Математическое моделирование и биомеханика в современном университете» (пос. Дивноморское, 2 – 6 июня 2008 г.) поддержана Российским фондом фундаментальных исследований

Организаторы:

Южный федеральный университет

Донской государственный технический университет

Южный научный центр РАН

Программный комитет школы-семинара:

Бабешко В. А., академик РАН, ректор Кубанского госуниверситета, Краснодар

Бауэр С. М., профессор С.-Петербургского университета

Белоконь А. В., директор НИИ механики и прикладной математики им. Воровича И.И. Южного федерального университета, зав. кафедрой математического моделирования Южного федерального университета, Ростов-на-Дону

Ватульян А. О., зав. кафедрой теории упругости Южного федерального университета, Ростов-на-Дону

Владимирский Б. М., директор НИИ нейрокибернетики Южного федерального университета, Ростов-на-Дону

Гузев М. А., член-корреспондент РАН, Президиум ДВО РАН, Владивосток

Еремеев В. А., зав. лабораторией механики активных материалов Южного научного центра РАН

Ерусалимский Я. М., декан факультета математики, механики и компьютерных наук Южного федерального университета

Илюхин А. А., зав. кафедрой ТГПИ, Таганрог

Индейцев Д. А., член-корреспондент РАН, директор ИПМаш РАН, Санкт-Петербург

Кабельков А. Н., декан физико-математического факультета ЮРГТУ (НПИ), Новочеркасск

Коссович Л. Ю., ректор Саратовского госуниверситета, Саратов

Любимов Г. А., зав. отделом Института механики МГУ, председатель совета РАН по биомеханике

Месхи Б. Ч., ректор Донского государственного технического университета, Ростов-на-Дону

Морозов Н. Ф., академик РАН, зав. кафедрой теории упругости СПбГУ, Санкт-Петербург

Наседкин А. В., первый заместитель директора НИИ механики и прикладной математики им. Воровича И.И. Южного федерального университета, Ростов-на-Дону

Няшин Ю. И., зав. кафедрой теоретической механики ПГТУ, Пермь

Пряхина О. Д., зав. кафедрой высоких технологий прогноза и предупреждения чрезвычайных ситуаций КубГУ, Краснодар

Сикилинда В. Д., зав. кафедрой травматологии и ортопедии РГМУ, Ростов-на-Дону

Соловьев А. Н., зав. кафедрой сопротивления материалов Донского государственного технического университета, Ростов-на-Дону

Сушинов А. И., зав. кафедрой высшей математики технологического института Южного федерального университета, Таганрог

Тарасевич Ю. Ю., зав. кафедрой прикладной математики и информатики АГУ, Астрахань

Устинов Ю. А., профессор Южного федерального университета, Ростов-на-Дону

Цатурян А. К., ведущий сотрудник Института механики МГУ (Москва), член Международного совета по биомеханике

Шевцов С. Н., зав. лаб. машиностроения и высоких технологий Южного научного центра РАН, Ростов-на-Дону

Штейн А. А., ведущий сотрудник института механики МГУ (Москва)

Организационный комитет школы-семинара:

Белоконь А. В., директор НИИ механики и прикладной математики им. Воровича И.И. Южного федерального университета, зав. кафедрой математического моделирования Южного федерального университета - председатель Оргкомитета

Карякин М. И., заместитель декана факультета математики, механики и компьютерных наук Южного федерального университета - заместитель председателя Оргкомитета

Еремеев В. А., зав. лабораторией механики активных материалов Южного научного центра РАН

Ерусалимский Я. М., декан факультета математики, механики и компьютерных наук Южного федерального университета

Курбатова Н. В., старший преподаватель Южного федерального университета

Надолин К. А., заместитель декана факультета математики, механики и компьютерных наук Южного федерального университета

Наседкин А. В., первый заместитель директора НИИ механики и прикладной математики им. Воровича И.И. Южного федерального университета, Ростов-на-Дону

Сурков Ф. А., зав. кафедрой глобальных информационных систем Южного федерального университета

Сухов Д. Ю., ассистент кафедры теории упругости факультета математики, механики и компьютерных наук Южного федерального университета

Реализация мониторинга выполнения индивидуальных заданий по программированию с использованием системы контроля версий

Абрамян М. Э.

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

При организации практических занятий по программированию, основанных на наборах индивидуальных заданий, важную роль играет способ контроля за текущим состоянием выполнения предложенных заданий. Разработанный автором доклада электронный задачник Programming Taskbook [1] имеет ряд встроенных средств, специально предназначенных для преподавателя программирования. Эти средства, объединенные в комплекс Teacher Pack [2], обеспечивают автоматическую генерацию вариантов индивидуальных заданий, а также упрощают подготовку и проведение групповых практических занятий.

Доклад посвящен новому компоненту комплекса Teacher Pack — подсистеме PTBackup, которая предоставляет преподавателю дополнительные возможности по мониторингу состояния выполнения учебных заданий. Подсистема PTBackup основана на использовании системы контроля версий CVS (www.cvsnt.org) и обеспечивает автоматическое сохранение всех вариантов программ учащихся, связанных с их индивидуальными заданиями, в репозитории CVS, который для этих целей назначается преподавателем.

Для настройки свойств раздела репозитория, выделенного для хранения программ конкретного учащегося или группы учащихся, предназначена программа-утилиты PTBackupMaker, которая также обеспечивает тестирование доступа к репозиторию CVS и запись в рабочие каталоги учащихся соответствующих конфигурационных файлов.

При запуске программ учащихся в любой из сред программирования, поддерживаемых задачиком Programming Taskbook (Borland Delphi, Microsoft Visual Basic, Microsoft Visual C++, Microsoft Visual Studio .NET), их тексты автоматически сохраняются в указанном разделе репозитория CVS. В дальнейшем с помощью утилиты PT4Results преподаватель может просмотреть тексты всех вариантов программ каждого учащегося, сохраненных в репозитории. При этом, в случае использования сетевого репозитория CVS, размещенного на удаленном сервере, доступ к нему можно получить с любого компьютера, подключенного к сети Интернет. Учащийся тоже имеет доступ к репозиторию, но только к своей персональной части, что исключает возможность заимствования программ.

Система PTBackup разработана в рамках проекта «Автоматизация оценивания программных разработок» (Supporting Assessment of Programming Assignments) при финансовой поддержке Европейского Консорциума инновационных университетов (www.eciu.org).

Комплекс Teacher Pack с подсистемой PTBackup, как и сам задачник Programming Taskbook, можно загрузить с сайта задачника www.ptaskbook.com.

Литература

1. Абрамян М. Э. Электронный задачник Programming Taskbook: опыт разработки и применения // II Международная научно-практическая конференция «Современные информационные технологии и ИТ-образование», Москва, 18–21 декабря 2006 г, Сборник докладов, С. 194–199.

2. Абрамян М. Э. Teacher Pack — комплекс программ-утилит для преподавателя программирования // Научно-методическая конференция «Современные информационные технологии в образовании: Южный Федеральный округ». Ростов-на-Дону, 19–22 апреля 2006 г, Тезисы докладов, С. 26–27.

Влияние режима испарения на перераспределение компонентов в высыхающих каплях биологических жидкостей

Авдеева А. В., Исакова О. П., Кондухов В. В., Тарасевич Ю. Ю.

Астрахань, Астраханский государственный университет

tarasevich@aspu.ru

В последние десятилетия внимание исследователей привлекли процессы, протекающие при испарении капле жидкости с твердой горизонтальной подложки. Этот интерес вызван, прежде всего, многочисленными приложениями. Процессы, протекающие при испарении капли, находят применение в производстве наноструктур (Helseth, 2003), создании структурированных поверхностей (Ху, 2006), для растягивания ДНК и РНК (Abramchuk, 2001), в кристаллографии белка, в медицинской диагностике (Шатохина, 1999; Шабалин, 2001; Рапис, 2002), полиграфии и многих других приложениях. Однако физические основы и механизмы процессов самоорганизации в многокомпонентных жидкостях до сих пор выяснены не в полной мере, что не позволяет перейти от качественных к количественным методам медицинской диагностики, эффективно управлять процессами производства наноматериалов. Проводимое нами исследование направлено на выявление механизмов самоорганизации, протекающих при испарении капле жидкостей, что, как мы надеемся, будет способствовать решению этих актуальных задач. В настоящей работе мы исследуем то, как выбор того или иного модельного закона испарения влияет на перераспределение веществ в испаряющейся капле.

Механизмы переноса коллоидных частиц в высыхающих каплях в настоящее время достаточно хорошо изучены как экспериментально, так и теоретически (Parisse, 1996; Deegan, 1997, 2000; Fischer, 2002; Попов, 2005), однако влияние диффузии на перемещение внутри капли молекул малого размера (соли) изучено еще недостаточно (Tarasevich, 2007). В настоящей работе мы проанализируем влияние выбора модельного закона испарения на перераспределение веществ внутри высыхающей капли многокомпонентной жидкости.

С использованием уравнения конвекции–диффузии исследуется влияние характера испарения на перераспределение веществ внутри высыхающей капли многокомпонентной жидкости.

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} + v^* \frac{\partial c}{\partial x} = \frac{1}{x} \frac{\partial}{\partial x} \left(x \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{1}{L} \frac{\partial c}{\partial x} \frac{\partial L}{\partial x} + \rho \frac{c}{L} \sqrt{1 + \left(\frac{\partial L}{\partial x} \right)^2}, \quad (1)$$

где c — концентрация растворенного вещества, x — координата, τ — время, v^* — скорость капиллярного течения, L — профиль капли, ρ — плотность потока пара над поверхностью капли. При выводе уравнения (1) мы предположили, что коэффициент диффузии и плотность остаются постоянными.

Используемая модель предполагает, что форма капли остается сферическим сегментом в течение всего времени испарения. Это автоматически предполагает отсутствие фазовых переходов: капля должна оставаться жидкой внутри всего объема. Такое предположение справедливо только для растворов низкой концентрации и исключает из рассмотрения последние стадии испарения.

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

Исследование колебаний вязкоупругой слоистой биологической ткани

Азарова П. А., Явруян О. В.

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

Одной из основных проблем при изучении механического поведения биологических материалов является необходимость создания эффективных методик испытания. Стоит отметить, что исследование биологических тканей сопряжено с большими трудностями, которые объясняются необходимостью учитывать влияние не только механических факторов, но и целого ряда биологических факторов (раса, пол и возраст человека, вид и степень патологических изменений в рассматриваемом материале, причина смерти человека и др.). Все вышесказанное должно учитываться при математическом моделировании поведения биологических тканей, обладающих сложным строением.

Мягкие биологические ткани, такие как ткани кожного покрова, мышечные ткани, ткани периодонтальной связки, стенки кровеносных сосудов, как показывают эксперименты, обладают реологическими свойствами. В связи с этим исследование колебаний вязкоупругой слоистой среды, изучение влияния вязкости материала на отклик возбуждающей нагрузки является актуальной задачей биомеханики.

В работе рассматриваются установившиеся колебания вязкоупругого слоя, у которого нижняя грань жестко закреплена, а верхняя свободна от напряжений, кроме области приложения нагрузки.

Учет затухания осуществляется в рамках концепции комплексных модулей, на основании которой в случае стационарных гармонических колебаний упругие константы материала можно заменить комплексными характеристиками, представляющими собой функции частоты колебаний. Благодаря этому задача о колебаниях вязкоупругих тел сводится к аналогичной задаче теории упругости,

но с комплексными характеристиками, что составляет основу принципа соответствия.

Решение построено при помощи интегрального преобразования Фурье. Получены формулы для полей перемещений точек слоя, в частности на верхней границе. Построены графики полей смещений на верхней границе для упругого и вязкоупругого слоев. Исследовано влияние вязкости на характер убывания полей смещений на бесконечности. Изучены дисперсионные множества для вязкоупругого слоя.

Проведено сравнение результатов (полей перемещений и дисперсионных кривых) для вязкоупругого и упругого материалов.

Моделирование структурообразования, вызванного эффектом таксиса, на примере популяции гарпактицид

Азовский А. И.* , Загребнева А. Д.** , Сурков Ф. А.** ,
Тютюнов Ю. В.**

* Москва, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

** Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

agov@math.sfedu.ru

Распределение популяции веслоногих раков, гарпактицид — одного из основных компонентов морского бентоса, является ярким примером пространственно-временной неоднородности. Целью нашего исследования является построение модели распространения популяции гарпактицид, способной описать наблюдаемое пятнистое распределение особей [1].

Относительно способа передвижения раков были сделаны следующие предположения: 1) движение рака состоит из двух событий: выхода рака в воду и совершения раком перемещения; 2) частота первого события (выхода рака в воду) определяется концентрацией стимула в точке, где находится рак и описывается случайной величиной, подчиняющейся закону распределения Пуассона; 3) перемещения рака носят случайный характер и описываются случайной величиной, подчиняющейся нормальному закону распределения. На основе перечисленных гипотез относительно движения гарпактицид была построена дискретная по времени индивидуум-ориентированная модель и дано обоснование непрерывной модели типа реакция-диффузия-таксис [2]:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} \left(N\chi(S) \frac{dS}{dx} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu(S) \frac{\partial N}{\partial x} \right) \quad (1)$$

$$\mu(S) = -\frac{\overline{l^2}\tau}{2} f(S), \chi(S) = -\frac{\overline{l^2}\tau}{2} \frac{df(S)}{dS} = -\frac{d\mu(S)}{dS} \quad (2)$$

где $N(x, t)$ — плотность популяции, $S(x)$ - концентрация стимула, $\chi(S)$ — коэффициент таксиса, $\mu(S)$ - коэффициент диффузии, $f(S)$ — частота выхода особей в воду, τ — период времени, временной предел разрешения модели, $\overline{l^2}$ — среднее значение квадрата длины перемещения. Распределение особей, полученное

с помощью индивидуум-ориентированной модели, совпало с решением системы (1), (2). Полученный результат свидетельствует о том, что представленные гипотезы верны, и с помощью них можно объяснить наблюдаемую пятнистость распределения.

Литература

1. Azovsky A. I., Chertoproud E. S., Saburova M. A., Polikarpov G. E. Spatio-temporal variability of micro- and meiobenthic communities in a White Sea intertidal sandflat // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2004, V.60, p. 663–671.

2. Загребнева А. Д., Тютюнов Ю. В., Сурков Ф. А., Азовский А. И. Эффект трофотаксиса в математической модели бентосного сообщества // Сборник материалов XXXV школы-семинара «Математическое Моделирование в проблемах рационального природопользования»: Экология. Экономика. Информатика. Ростов-на-Дону: Издательство СКНЦ ВШ, 2007, С. 20–23.

Контактные задачи для материалов с градиентными покрытиями

Айзикович С. М.*, Васильев А. С.**, Кренев Л. И.*, Трубчик И. С.*

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

***Ростов-на-Дону, Донской государственный технический университет*

aiz@ctsnet.ru

Неоднородные покрытия с плавно изменяющимися по глубине упругими свойствами, так называемые градиентные (или функционально-градиентные, ФГП) покрытия, дают возможность избежать концентрации напряжений в зоне сопряжения покрытия с упругой подложкой, поэтому применение таких покрытий – одно из перспективных направлений в трибологии. Однако развитые ранее математические модели слоистых материалов недостаточно точно описывают ФГП, наблюдаются как количественные, так и качественные отличия в поведении функционально-градиентных покрытий по сравнению с однородными или слоистыми.

Особый интерес представляют ФГП, у которых градиент изменения упругих свойств меняет знак по одной из координат. Так, например, это покрытия, жесткость которых на поверхности максимальна и уменьшается с глубиной до некоторого значения, а затем, наоборот, увеличивается по мере приближения к подложке (покрытия с немонотонными законами изменения по глубине упругих свойств).

В известных публикациях исследовались в основном слоистые материалы или кусочно-однородные покрытия, а для градиентных покрытий проанализированы случаи, когда градиент изменения упругих свойств материала сохраняет знак (чаще всего это экспоненциальный или степенной законы изменения упругих свойств по толщине покрытия).

В настоящей работе для решения задач контактного взаимодействия для материалов с неоднородными покрытиями, в случае, когда градиент изменения

упругих свойств в покрытии меняет знак, предлагается использовать метод интегральных преобразований.

Излагается метод численного построения трансформант ядер интегральных уравнений и исследуются их свойства для случаев, когда градиент изменения упругих свойств в покрытии многократно меняет знак. На основании изучения этих свойств доказывается возможность аппроксимации трансформант ядер некоторыми аналитическими выражениями. Приводятся примеры трансформант ядер интегральных уравнений для случаев, когда градиент изменения упругих свойств в покрытии меняет знак 1, 3, 7, 15 раз. Для всех этих случаев получено асимптотическое решение ряда осесимметричных задач контактного взаимодействия. Рассмотрены численные примеры.

Экспериментальное исследование и идентификация параметров дефектов в авиационных композитных конструкциях

Акопьян В. А.*, Чинчян Л. В.**

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

***Ростов-на-Дону, ОАО «Роствертол»*

barbaragen4@mail.ru

Информация о характере и количественных параметрах дефектов в несущих композитных конструкциях является важным условием поиска их причин, а, с другой, стороны, фактором, влияющим на ресурс и другие характеристики надежности. В работе методами микроскопического анализа и последующего компьютерного восстановления количественных характеристик выполнена идентификация дефектов в лонжероне лопасти винта вертолета. На основе проведенного исследования составлен атлас дефектов, служащий целям совершенствования технологий производства композитов, а также созданию экспериментально-аналитических методов идентификации дефектов на основе частотного зондирования и последующей обработки данных эксперимента с использованием нейросетевых моделей и генетических алгоритмов.

Представленная работа выполнена в рамках проекта РФФИ 07-08-12193.

Механика пластин из вязкоупругих функционально градиентных материалов

Альтенбах Х. *, Еремеев В. А.**

*Халле, Университет Мартина Лютера Халле-Виттенберг

**Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

eremeyev_victor@mail.ru

Представлены результаты анализа напряженно-деформированного состояния вязкоупругих пластин, изготовленных из полимерных пен с неоднородным распределением пористости по толщине (функционально градиентного материала). Полимерные пены в последнее время получили широкое распространение в инженерной практике (например, в авиа- и автомобилестроении) в связи с их уникальными свойствами, в первую очередь, малым удельным весом. С физической точки зрения пены представляют собой материал весьма сложного строения, демонстрирующий неклассические свойства. Например, некоторые пены имеют отрицательный коэффициент Пуассона. Для пен характерна весьма высокая пористость (до 98% от объема материала могут занимать поры). Поскольку многие полимеры демонстрируют вязкоупругое поведение, этим же свойством обладают и многие полимерные пены.

В данной работе анализ поведения пластин основан на прямом подходе, в рамках которого пластина представляет собой деформируемую поверхность, наделенную определенными свойствами (массой, энергией и т.д.). Рассмотрен вариант линейной теории пластин, в котором каждая точка пластины обладает пятью степенями свободы: тремя трансляционными (поле перемещений), и двумя ротационными (поле поворотов). Уравнения движения, определяющие соотношения, кинематические соотношения записаны непосредственно как для двумерного континуума. Рассмотрены уравнения состояния линейной вязкоупругости. Обсуждается определение эффективных функций релаксации (в том числе и сдвиговой жесткости), основанное на сравнении некоторых решений теории пластин с соответствующими решениями трехмерной теории вязкоупругости.

Результаты работы являются расширением статьи Altenbach H., Eremeyev V.A. Analysis of the viscoelastic behavior of plates made of functionally graded materials. *ZAMM*. 2008. **88**(5).

Моделирование процесса регенерации костной ткани

Аникина Т. А.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

dsanikin@mail.ru

В настоящее время в биомеханике одной из актуальных проблем является совершенствование моделей органов и тканей человеческого организма, а также методов идентификации их свойств, основанных на вибрационных технологиях. Исследованиями доказано, что между вибрационными и механическими характеристиками тканей человеческого организма (кость, кожа, мышцы) существует

тесная взаимосвязь. Одной из важных задач является разработка недорогих и точных устройств для постоянного контроля физиологического состояния поврежденных твердых тканей и их диагностики, поскольку оценка врача является достаточно субъективной. Акустический метод, не являясь травматическим и не имея противопоказаний, считается одним из простых в реализации методов для определения характеристик ткани в месте перелома.

В настоящей работе рассматривается проблема идентификации механических свойств костной ткани в зоне перелома на различных стадиях регенерации на основе анализа вибрационных характеристик балки переменной жесткости. Представленная модель основана на исследовании задачи о поперечных колебаниях большеберцовой кости, ослабленной костной мозолью, локализованной на малом по сравнению с длиной рабочей области участке. Колебания вызываются сосредоточенной нагрузкой, приложенной в некоторой точке, а сама балка считается шарнирно опертой по краям, что соответствует схеме нагружения в реальных устройствах диагностики. Материал кости рассматривался как кусочно-однородная изотропная упругая среда. Наличие костной мозоли моделируется зависимостью модуля Юнга и плотности от продольной координаты. Решение прямой задачи сведено к решению интегрального уравнения Фредгольма 2-го рода с непрерывным ядром. Построены амплитудно-частотные характеристики стержня в срединном сечении в зависимости от волнового числа при моделировании процесса регенерации для различных законов распределения модуля упругости и плотности. Приведены результаты численных экспериментов. Выяснены возможности реконструкции по данным частотного зондирования и исследована структура спектра.

Рассмотрена обратная коэффициентная задача, постановка которой заключается в нахождении модуля упругости и плотности большеберцовой кости в зоне перелома по известному смещению под нагрузкой в некотором частотном диапазоне. Определено начальное приближение в классе кусочно-постоянных функций методом минимизации функционала невязки. Далее построен итерационный процесс по уточнению искомым характеристик на основе обобщенной теоремы взаимности и метода линеаризации. Построена система интегральных уравнений Фредгольма первого рода, которая решается на основе метода регуляризации А. Н. Тихонова. Приведены результаты численных экспериментов для различных законов распределения модуля Юнга и плотности, иллюстрирующие возможности предлагаемого подхода по определению характеристик бедренной кости на разных стадиях регенерации.

Конечные деформации склерозированных сонных артерий

Аптуков В. Н., Осоргина Л. Ю.

Пермь, Пермский государственный университет

osorg@psu.ru

Реконструктивная сосудистая хирургия в настоящее время требует детального изучения механического поведения склерозированных артерий. Развитие

патологических изменений в стенке сосуда влияет на механические характеристики материала стенки. В данной работе на основе решения, предложенного Лурье, для цилиндра из полулинейного материала Джона представлена методика определения параметров потенциала нелинейно сжимаемого материала, получены конкретные значения параметров, представлены особенности распределения напряжений в стенках артерии.

Материал стенки сосудов является нелинейно-упругим [2] и сжимаемым [3]. Доступными для авторов экспериментами являлись данные испытаний отрезков сонной артерий в форме замкнутого цилиндра под действием внутреннего давления [4]. Использовано выражение потенциала для полулинейного материала Джона и решение, полученное Лурье [5]. В результате получена нелинейная система разрешающих уравнений для определения констант решения.

Целью является определение физических констант потенциала Джона λ , μ из экспериментальных данных по одновременному измерению давления и соответствующих размеров цилиндрического образца артерии. Таким образом, получается переопределенная система уравнений. Задача сведена к минимизации функционала невязки по двум параметрам Лямэ.

На основе данных эксперимента [4] для нахождения параметров Лямэ был использован метод сканирования с достаточно мелким шагом. Для каждой пары параметров решались уравнения с граничными условиями для нахождения неизвестных констант. На основе констант находились радиальные перемещения, которые далее сравнивались с соответствующими экспериментальными данными.

Найдены значения параметров Лямэ нелинейного потенциала для сонной артерии человека при различных стадиях атеросклероза. Значения погрешностей свидетельствуют о том, что полученное решение лучше описывает материал стенки артерий, находящихся на поздних стадиях атеросклероза. Дан анализ величины и характера сжимаемости материала стенки при патологии. Сделан вывод о необходимости учета эффекта сжимаемости при решении задач биомеханики кровеносных сосудов человека.

Литература

1. Аптуков В.Н., Осоргина Л.Ю. Оценка влияния стадий атеросклероза на напряженно-деформированное состояние артериальных сосудов // Российский журнал биомеханики. 2005, Т.9, № 4, С. 42–48.
2. Пурия Б.А., Касьянов В.А. Биомеханика крупных кровеносных сосудов человека. Рига: «Зинатне», 1980, 260 с.
3. Tickner E.G., Sacks A.H. A theory for the static elastic behavior of blood vessels. *Biorheology*, 1967, vol.4 N4, p. 151–168.
4. Вагнер Е.А., Суханов С.Г., Аптуков В.Н. Механическое поведение сосудистого анастомоза на склерозированных артериях и его моделирование // Механика композитных материалов, 1982, № 2, С. 336–342.
5. Лурье А.И. Нелинейная теория упругости. М.: Наука, 1980, 512 с.

Об оптимизационном модуле КЭ комплекса ACELAN на основе генетического алгоритма.

Баранов И. В.* , Надолин Д. К.* , Стрельникова А. В.**

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

***Ростов-на-Дону, Донской государственный технический университет
nadolin@yandex.ru*

Рассматриваются вопросы разработки оптимизационных модулей, основанные на оригинальных генетических алгоритмах (ГА), и их взаимодействие с конечноэлементным комплексом ACELAN. Разработан интерфейс между ACELAN и ГА, особое внимание уделено решению оптимизационных геометрических задач, в которых на каждом шаге требуется новая триангуляция области.

Инновационные технологии в хирургической реабилитации функций стопы

Баталов О. А., Ежов М. Ю.

*Н Новгород, Нижегородский НИИ травматологии и ортопедии
ortho@pochta.ru*

Предложена система алгоритмирования оценки состояния стопы и математическое моделирование процесса лечения hallux valgus. При изучении результатов лечения более 600 пациентов были составлены перечни использованных хирургических приемов и варианты деформации, которые обеспечили стойкие хорошие и отличные результаты. Были пронумерованы примененные технические приемы. Получилось распределение по 32 различным вариантам патологии и 64 разным техническим приемам.

Компьютерное алгоритмирование было проведено 34 больным, что позволило определить оптимальное техническое решение коррекции hallux valgus. Излишнее натяжение капсульного лоскута может приводить к возникновению условий для варусной деформации пальца, его величина была рассчитана (рац. предложение № 2310 от 23.05.03, ННИИТО). Расчету с применением математического моделирования подлежала величина клиновидных резекций, необходимость стяжки поперечного свода с помощью спиц, обосновывалось использование ауто-трансплантатов (рац. предложение № 2309 от 23.05.03, ННИИТО) с учетом индексов предоперационного состояния первой плюсневой кости — индекс головки первой плюсневой кости (28% — норма, 30% — I степень hallux valgus, 40% — II степень, 50% — III степень) и индекс основания первой плюсневой кости (34% — норма, 36% — I степень hallux valgus, 38% — II степень, 42% — III степень) — патент № 2233113. Было уделено внимание устранению ротационной деформации первой плюсневой кости, что является важным компонентом устранения синдрома hallux valgus. Это имеет значение для сохранения соотношения между длиной первой плюсневой кости и длиной сухожилий мышц первого луча стопы. В случае удлинения кости после клиновидной остеопластики возникают условия

для контрактуры первого плюснефалангового сустава. В случае ее укорочения — условия для рецидива деформации за счет слабости мышечной тяги. Все это позволило на этапе предоперационного планирования смоделировать нормализацию биомеханики стопы.

Из 34 больных, которым было проведено компьютерное алгоритмирование тактики лечения с учетом 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 — монолатерального аппарата массой 30 г. Суммарная балльная оценка у больных перед операцией была равной 30–38 баллов. При этом отношение поперечного размера основания первой плюсневой кости к ее длине составляло 38–42%. 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 $42 \pm 1,9$ баллов, 110 больных. У 100% больных, которым было проведено компьютерное алгоритмирование тактики лечения, результаты были хорошими и отличными, а балльная оценка составила в среднем $47 \pm 2,01$ баллов.

Винтовые возмущения течения Пуазейля

Батищев В. А.

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

Доклад посвящен проблеме моделирования «винтовых» потоков жидкости в кровеносных сосудах на примере расчета спиральных течений жидкости в круговом цилиндре. Известно, что при втекании жидкости в полубесконечный цилиндр вблизи начального сечения возникает «входной» участок, течение в котором определяется нелинейными уравнениями возмущений. Вне «входного» участка возникает известное течение Пуазейля. В докладе построены решения, определяющие главный член асимптотики течения жидкости в конце «входного» участка.

Рассчитаны периодические по времени вращательно-симметричные малые спиральные возмущения течения Пуазейля в круглой цилиндрической трубке полубесконечной длины. Для «бегущих» возмущений, затухающих вниз по потоку, найдены декременты затухания и фазовые скорости как функции частоты волны возмущения и числа Рейнольдса. Решения построены численно для конечных частот и асимптотически при их малых значениях. Показано, что при фиксированных частотах модули декрементов убывают с ростом числа Рейнольдса, а при фиксированных числах Рейнольдса монотонно возрастают с ростом частоты. При конечных фиксированных частотах фазовые скорости сначала убывают, достигают минимума, а затем медленно возрастают с ростом числа Рейнольдса.

Показано, что бегущие вверх или вниз по потоку возмущения переходят в стационарные режимы при частотах, стремящихся к нулю. При больших частотах

и конечных числах Рейнольдса возмущения локализируются вблизи оси цилиндра. Вблизи стенок цилиндра возникает застойная зона, занимающая приблизительно одну треть от радиуса сечения цилиндра.

При конечных частотах бегущие волны рассчитаны для любых чисел Рейнольдса: численно для конечных значений и асимптотически для больших значений. Показано, что с ростом числа Рейнольдса волновые возмущения локализируются вблизи оси цилиндра, причем с ростом частоты сильно уменьшается толщина критического слоя (внутренний пограничный слой). Рассчитаны возмущения, бегущие вверх против потока. С ростом числа Рейнольдса эти возмущения локализируются в тонком пограничном слое вблизи стенок цилиндра.

Изменение показателей внутриглазного давления после рефракционной хирургии. Статистика и моделирование.

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

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

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

s_bauer@mail.ru

В настоящее время для коррекции зрения широко применяется рефракционная хирургия — операции ЛАЗИК и ФРК, меняющие кривизну роговицы глаза. Изменение кривизны роговицы происходит за счет изменения толщины роговицы в центральной зоне при миопии (близорукости) или в парацентральной — кольцевой зоне при гиперметропии (дальнозоркости). Как следствие, после операции изменяются показатели внутриглазного давления, полученные аппланационными методами, то есть методами, при которых на роговицу оказывается воздействие, создающее «уплощение» центральной части роговицы. При этом внутриглазное давление оценивается или по размерам зоны деформации (при заданном воздействии) или по силе воздействия при заданном размере зоны «уплощения». Методом конечных элементов в пакете ANSYS рассматривается задача о деформации сопряженных трансверсально-изотропных сферических оболочек (склеры и роговицы), находящихся под действием внутреннего давления и внешней нагрузки. Проводится статистический анализ оценки влияния толщины и кривизны роговицы на показатели ВГД по экспериментальным данным. Расчеты при различных параметрах и сравнение с экспериментальными данными позволяют также оценить степень анизотропии роговицы.

Интегральная компьютерная технология исследования структур организма при протезировании и коррекции

**Бегун П. И., Измайлова З. Т., Кривохижина О. В., Лебедева Е. А.,
Цурова Н. Х.**

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

begun@fromru.com

Для моделирования и исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) органов и структур человеческого организма при протезировании и коррекции разработана интегральная компьютерная технология, представляющая симбиоз биомеханического и клинического исследований. Технология апробирована при анализе НДС: 1) в аневризмах кровеносных сосудов и миокарда 2) при коррекции клапанов сердца, кровеносных сосудов, патологий предсердных перегородок, структур в герниологии; 3) при остеосинтезе костей; 4) при прогнозировании состояния сегментов позвоночника.

Геометрические параметры биологических объектов определяются по данным клинического (томографического, ангиографического, эхокардиографического) анализа. Механические свойства структур вводятся по данным: 1) исследований аналогичных биологических структур *in vitro*, 2) полученным при использовании разработанной методики определения модуля нормальной упругости структур *in vivo*. При необходимости проведены экспериментальные исследования механических свойств тканей на образцах, вырезанных из биологических структур, иссеченных при хирургических операциях.

Модели построены в рамках механики упруго-пластического трехмерного тела. Вычисления проведены при использовании пакетов прикладных программ Solid Works и Cosmos Works. Первый предназначен для создания геометрических моделей твердых тел, второй — для вычисления напряжений и деформаций в этих телах методом конечных элементов (КЭ). Для анализа использованы линейные тетраэдральные КЭ. Вычисления проведены при разбиении биологических структур на 80-160 тысяч КЭ для обеспечения необходимой точности в зависимости от сложности биологического объекта.

Разработанная технология позволяет совместить компьютерное биомеханическое моделирование и клинические томографические и ангиографические исследования в реальном масштабе времени. Например: 1) использование ангиограмм артериальных сосудов с бляшками разной степени развития, деформируемых при накачке баллона, учет упруго-пластические деформации биологических структур и протеза-стента позволяет определить участок дилатируемого сосуда, сохраняющий функциональные свойства и упругое последствие стенки и сосуда после снятия нагрузки; 2) алгоритм расчета напряжений в стенке левого желудочка сердца с аневризматическим образованием построен на основе зависимостей от фазы систолы объема 16 секторов миокарда, полученных по томографическим срезам, конструктивного модуля упругости материала стенки миокарда, толщины стенки миокарда.

Результаты исследований сопоставлены с клиническими данными.

О конвекции в пространственном слое микрополярной вязкоупругой жидкости

Белов К. Л.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
jonblow@aaanet.ru

Задача о переходе к конвективному течению при нагревании слоя тяжелой жидкости снизу (задача Рэлея) представляет собой классическую задачу гидродинамики, которой посвящено огромное число оригинальных работ, монографий и учебной литературы. В данной работе рассмотрена задача о неустойчивости нагреваемого снизу пространственного слоя вязкоупругой микрополярной жидкости.

Микрополярные жидкости представляют собой среду, в которой существуют не только напряжения, но и моментные напряжения. Каждая частица микрополярной жидкости обладает шестью степенями свободы: тремя трансляционными и тремя вращательными. Модель микрополярной жидкости оказалась полезна для механики суспензий, магнитных и биологических жидкостей, жидких кристаллов и других жидких сред сложной структуры, в том числе и задачах нанотрибологии.

Здесь рассмотрена модель вязкоупругой микрополярной жидкости. Ее отличительной особенностью является возможность существования ненулевых моментных напряжений и касательных напряжений в равновесии. Для задач конвекции ранее была решена задача о конвективной неустойчивости плоского подогреваемого снизу слоя тяжелой микрополярной жидкости, где было показано, что учет эффектов вязкоупругости приводит к повышению порога устойчивости по сравнению со случаями ньютоновской и вязкой микрополярной жидкости. Здесь рассмотрен случай трехмерного слоя.

Показано, что при наличии начального моментного состояния равновесия потеря устойчивости наступает по некоторым плоским модам, соответствующим случаю вязкой микрополярной жидкости. Трехмерные моды проявляются при больших числах Рэлея. Показано, что переход в конвекцию в трехмерном случае наступает раньше, чем в рассмотренном ранее плоском случае.

Моделирование сегнетоэластиков и материалов с памятью формы

Белоконь А. В., Скалиух А. С.

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

Материалы с памятью формы, чистые сегнетоэластики и сегнетоэлектрики-сегнетоэластики в последнее время получили широкое распространение во многих областях в связи с их необычными физическими и механическими свойствами. Например, «аустенитно-мартенситные» превращения в материалах с памятью формы имеют большие деформации (до 10%) при больших механических

напряжениях (до 500 МПа), что делает их привлекательными для практического использования в медицине, авиации, космонавтике и прочих технических приложениях. Так, титано–никелевые сплавы служат имплантатами, с успехом заменяя твердые ткани живых организмов. Дальнейшее расширение сферы применения таких материалов невозможно без разработки математических моделей, которые бы адекватно описывали их поведение в условиях меняющихся температур и нагрузок. Настоящая работа представляет собой один подход в моделировании механических свойств, предоставляя одномерные модели нелинейных определяющих соотношений гистерезисного типа, которые присущи сложным сегнетоэластичным материалам с памятью формы. Процесс переключений механическими напряжениями, названный ферроэластическим фазовым переходом, вызывает структурные фазовые превращения в таких материалах на макроскопическом уровне и наблюдается в экспериментах в виде роста изменений формы материала. В основу модели положена теория «запирающей стенки», согласно которой имеющиеся неоднородности (поры, примеси, включения) способны препятствовать движению доменных стенок, закрепляя их до определенного уровня нагрузок. Чтобы вызвать такое движение, необходимо преодолеть некоторый энергетический барьер. Построенная модель включает энергетическое соотношение, которое на макроскопическом уровне приводит к обыкновенному дифференциальному уравнению, которое, в свою очередь, может рассматриваться в качестве определяющего соотношения для таких материалов. Решение уравнения описывает нелинейные связи между напряжениями и деформациями, включая гистерезис.

Работа выполнена при поддержке РФФИ.

Математическое моделирование дифракционной рентгенограммы активно сокращающейся скелетной мЫШЦЫ

Бершицкий С. Ю.*, Кубасова Н. А., Ференци М. А.***,
Цатурян А. К.****

** Екатеринбург, Институт иммунологии и физиологии УрО РАН*

*** Москва, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова*

**** London, UK, National Heart and Lung Institute, Imperial College London*

natalia@imec.msu.ru

Сокращение мЫшц и другие виды биологической подвижности происходят в результате взаимодействия двух белков — актина и миозина. Актин-миозиновый наномотор совершают работу за счет прямого преобразования свободной энергии реакции гидролиза АТФ. Уникальность метода рентгеновской дифракции состоит в том, что он позволяет одновременно регистрировать механические и структурные изменения в мышечных клетках [1]. В то же время, количественная интерпретация рентгеновских рефлексов – непростая задача, требующая разработки адекватных физико-математических моделей.

Ранее нами был разработан метод прямого моделирования структуры актин-миозинового комплекса для описания двумерной рентгенограммы скелетной

мышцы в ригоре [2]. Используя существующую информацию об атомном строении сократительных белков и «принцип минимума энергии упругой деформации» [2], благодаря которому удается эффективно параметризовать закон присоединения миозиновых молекул к актину в сложной пространственной актин-миозиновой ячейке, новая модель позволяет количественно описать всю рентгенограмму мышц в различных состояниях и выявить те рефлексы, изменения которых можно однозначно связать с теми или иными движениями миозиновых молекул.

Изучено влияние различных параметров на рентгенограмму и разработан пакет программ для количественной интерпретации рентгеновских рефлексов, начиная с первичного анализа экспериментальных рентгенограмм и заканчивая расчетами интенсивности всех измеряемых слоев линий и вычислением R-фактора, начиная с первичного анализа экспериментальных рентгенограмм и я мостика в другое зависят только от одной переменной — средней.

Эксперименты, выполненные нашей группой на источнике синхротронного излучения ESRF (Франция), показали, что развитие напряжения в мышце сопровождается увеличением интенсивности всех актиновых слоев линий на дифракционной рентгенограмме. Нами была предложена двухстадийная модель развития напряжения актин-миозиновым мотором, объединяющая конформационную перестройку миозиновой молекулы, поворот ее длинного альфа-спирального участка, или «рычага», относительно неподвижного каталитического домена, и стереоспецифическое застегивание головки миозина на актиновой нити из первоначально нестереоспецифически присоединенного состояния [3].

Для проверки предположения о том, что застегивание является силогенерирующим шагом, была проведена новая серия экспериментов. Были измерены изменения двумерной рентгенограммы в ответ на быстрые изменения длины мышечной клетки. Анализ этих экспериментальных данных с использованием построенных математических моделей показал, что и поворот рычага, и застегивание связаны с совершением механической работы, при этом растяжение увеличивает число нестереоспецифически связанных головок, а укорочение облегчает поворот «рычага».

Работа поддержана РФФИ, ННМИ, MRC, ESRF, EMBL и грантом Президента РФ.

Литература

1. Huxley H. E. *Annu. Rev. Physiol.* 1996, 58:1-19
2. Koubassova N. A., Tsaturyan A.K. *Biophys J.* 2002, 83:1082-1097
3. Ferenczi M. A., Bershtitsky S. Y., Koubassova N., Siththanandan V., Helsby W. I., Panine P., Roessle M., Narayanan T., Tsaturyan A. K. *Structure* 2005, 13:131-141.

Моделирование стенозов

Богаченко С. Е., Устинов Ю. А.

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

В данной модели кровь рассматривается как вязкая жидкость, стенка кровеносного сосуда (артерии) как тонкостенная ортотропная цилиндрическая оболочка[1], а стеноз (сужение кровеносного сосуда) моделируется в виде осесимметричного сужения цилиндрической оболочки.

Таким образом, рассматривается задача распространения волн в продольно-неоднородном волноводе, вдоль которого изменяются его геометрические размеры сечения. В данном случае артерия представляет собой цилиндрический волновод с осью z , $V = V_1 \cup V_2$, состоящий из двух полубесконечных волноводов $V_1 = (-\infty, 0] \times D$, $V_2 = [0, \infty) \times D$, жестко соединенных между собой по нормальному сечению $z = 0$.

Исследуется ряд вопросов, связанных с переносом энергии вдоль оси сосуда со стенозом, рассчитываются коэффициенты прохождения и отражения через сечение $z = 0$.

Литература

1. И. П. Гетман, Ю. А. Устинов. Математическая теория нерегулярных твердых волноводов. Ростов-на-Дону, Издательство Ростовского университета, 1993, 142 с.
2. Ю. А. Устинов. Модель винтового пульсового движения крови в артериальных сосудах // Докл. РАН, 2004, Т. 398, № 3.

К проблеме локальной замены неплоских отражателей плоскими при двукратном отражении звуковой волны

Боев Н. В.

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

В настоящее время достаточно полно разработаны методы расчета звуковых полей в помещениях, ограниченных плоскими поверхностями и с находящимися в них также плоскими отражателями. Наличие внутри помещения неплоских отражателей как канонических (цилиндр, сфера, эллипсоид, параболоид и др.), так и неканонических форм, вносит существенные затруднения в методы расчета и формирования звуковых полей. Это обстоятельство требует разработки уточненных методов расчетов акустики помещений. Такие уточненные методы можно разработать на основе геометрической теории дифракции, однако применение ее при учете многократного переотражения звуковых волн вызывает существенные затруднения.

При учете многократных переотражений удобнее, на наш взгляд, исходить из модификации интегрального представления давления в многократно отраженных волнах. В представленном докладе в рамках решения локальной задачи на основе асимптотической оценки дифракционных интегралов получены аналитические выражения для давления в двукратно отраженной высокочастотной акустической волне. На их основе дана качественная и количественная оценка замены неплоских отражателей плоскими. В конкретных практически важных случаях построены графики зависимости давления в двукратно отраженной волне от вогнутых цилиндрических и сферических отражателей, а также от пары плоских отражателей, расположенных в точках зеркального отражения.

Математическое моделирование русловых потоков. Протяженный глубокий поток.

Бондарь А. Ю., Надолин К. А.

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

Рассматривается стационарный русловой поток, представляющий собой установившееся течение в реке или канале. Считается, что ложе потока задано достаточно гладкой функцией $z = h(x, y)$, а сам поток — протяженный и глубокий, т. е. длина рассматриваемого участка много больше его ширины и глубины, которые, в свою очередь, имеют близкие размеры. Используется разработанная ранее методика получения редуцированных математических моделей для русловых течений [1]. Для стационарного потока уравнения гидродинамики имеют вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu \frac{\partial u}{\partial z} \right) &= G, & \frac{\partial u}{\partial z} \Big|_{z=0} &= -F_x, & u \Big|_{z=h(x,y)} &= 0, \\ \left(\frac{\partial^2}{\partial z^2} - \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \left[\nu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right] + 2 \frac{\partial^2}{\partial y \partial z} \left[\nu \left(\frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial w}{\partial z} \right) \right] &= \\ = \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial}{\partial y} \left(\nu \frac{\partial u}{\partial z} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right], & \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} &= -\frac{\partial u}{\partial x}, \\ \frac{\partial v}{\partial z} \Big|_{z=0} &= -F_y, & w \Big|_{z=0} &= 0, & v = w \Big|_{z=h(x,y)} &= 0. \end{aligned} \tag{1}$$

Здесь u, v, w — компоненты вектора скорости в продольном, поперечном и вертикальном направлениях соответственно; G — параметр, характеризующий уклон русла; ν — параметр турбулентной вязкости (в случае постоянной вязкости он равен 1); F_x, F_y — параметры внешних нагрузок на поверхности (связанных, например, с воздействием ветра).

Система (1), формально являясь трехмерной, распадается на двумерные подсистемы: независимую краевую задачу для определения $u(x, y, z)$ и краевую задачу для определения $v(x, y, z)$ и $w(x, y, z)$, в которой функция $u(x, y, z)$ считается известной. Т. о. система (1) представляет собой две двумерных граничных

задачи, которые должны решаться численно, во всяком случае, для потоков с неканонической формой руслового сечения.

Для продольной скорости u имеем стандартную смешанную краевую задачу для уравнения Пуассона, которая решается независимо, причем координата x входит в краевое условие как параметр. (Заметим, что для вычисления такой важной гидравлической характеристики потока, как расход, достаточно найти продольную скорость в заданном сечении.) Для поперечной и вертикальной скорости v и w имеем неоднородную краевую задачу, где правая часть уравнений содержит производные u и может считаться известной. Координата x также входит в краевое условие и в правую часть как параметр. Таким образом, вместо трехмерной задачи приходится решать последовательность двумерных задач на сечениях, расположенных вдоль потока. Заметим, что такое расщепление позволяет эффективно использовать многопроцессорные вычислительные системы.

В докладе обсуждается численное и аналитическое исследование системы (1) и представлены результаты расчетов, проведенных для потоков постоянной вязкости в руслах различной формы.

Литература

1. Надолин К. А. Моделирование массопереноса в русловых потоках // В кн. Моделирование и вычислительный эксперимент в задачах механики сплошных сред. Т. 1., Ростов-на-Дону: Из-во «ЦВВР», 2006, С. 18–46.

Технологии промышленной разработки ПО в учебных проектах

Брагилевский В. Н.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

bravit@rsu.ru

В настоящее время имеет место серьезное расхождение между уровнем программистской подготовки студента-выпускника и тем, что необходимо для участия в реальных проектах по разработке промышленного или научного программного обеспечения. Следует отметить следующие основные проблемные зоны:

- Коллективная разработка ПО с применением систем контроля версий и взаимодействием разработчиков, как при личном, так и при удаленном общении.
- Тестирование ПО и его отдельных компонентов в целях повышения надежности и качества.
- Связь выполняемых в учебных проектах задач с реальными проектами (например, выполнение требования отказоустойчивости ПО).
- Контроль за выполнением предварительных спецификаций на разработку ПО и за соблюдением временных рамок.

Представить промышленную разработку ПО в отсутствие этих факторов невозможно, тем не менее, ни один из них традиционно не участвует в процессе обучения, даже на старших курсах, где представляется необходимым готовить студентов к работе в промышленности.

В целях решения настоящей проблемы предлагается использовать следующий комплекс мер:

1) Задача на разработку ПО ставится группе студентов (3-5 человек). При этом роль руководителя группы разработчиков играет преподаватель. Задача должна описываться достаточно формально в виде набора начальных проектных документов, включающих задания для отдельных разработчиков, временные ограничения, расписание общих собраний и т.д.

2) Участие в проекте предусматривает выполнение целого ряда формальных требований по оформлению программного кода и сопутствующих артефактов (форматирование, комментирование, документирование).

3) Все разработчики получают доступ к SVN-серверу и соблюдают условия его использования, оговоренные заранее.

4) Тестирование каждого компонента осуществляется как самим разработчиком, так и остальными участниками группы, таким образом, каждый имеет возможность выполнить работу тестировщика.

5) Проект должен предусматривать еженедельный контроль за результатами труда каждого разработчика в ходе общих собраний. Использование для этих целей именно общего собрания приводит к большей дисциплинированности участника.

6) Задачи на разработку ПО должны быть междисциплинарными, например, моделирование физических или химических закономерностей студентами-математиками. Знакомство с предметной областью является необходимым условием деятельности программиста.

7) Для оформления проектной документации должна использоваться веб-среда.

Подобные методики частично уже используются автором в рамках курсов «Web/XML-технологии» и «Распределенное программирование», читаемых на факультете математики, механики и компьютерных наук Южного федерального университета.

Моделирование и оптимизация системы адаптивного управления колебаниями балочной конструкции путем оптимального размещения сенсоров и актуаторов

Брагин С. А.*, Шевцов С. Н.**

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

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

barbaragen4@mail.ru

В работе рассмотрена задача рационального размещения прямоугольных пьезоэлектрических сенсоров и актуаторов на поверхности композитной трубы прямоугольного сечения. Все этапы решения задачи выполнены с использованием конечноэлементного комплекса Comsol Multiphysics 3.3 в режиме Structural Mechanics.

Установлено, что использование биморфных актуаторов для создания или компенсации деформаций изгиба трубы нерационально в силу того, что изгиб

биморфа приводит к значительной локальной деформации стенок трубы и на порядок меньшей величине изгиба в направлении, противоположном желаемому. Для создания деформаций кручения был выполнен анализ эффективности использования пластинчатых пьезоэлементов, ориентированных под углом к оси трубы. В этой части работы существенно использовались выполненные ранее результаты идентификации набора упругих модулей ортотропного полимерного композита. Показано, что для создания деформаций кручения в статике наиболее эффективна ориентация пьезопластин вдоль направлений укладки стекловолокон.

Для исследования управляемости системы адаптивного гашения изгибно-крутильных колебаний композитной трубы на ее поверхности была выбрана система точек, изменение расстояний между которыми позволяло с достаточной для поставленной цели точностью идентифицировать локальное деформированное состояние различных участков трубы. Изменения этих расстояний, т. е. деформации и их скорости комбинировали определенным образом для формирования сигналов обратной связи, подаваемых на актуаторы. Важным требованием, предъявляемым к подобным системам, является использование возможно меньшего числа каналов управления, что диктуется ограниченной производительностью управляющей вычислительной подсистемы. Предложенная схема коммутации сигналов управления использует всего три управляющих сигнала на одну группу локально размещенных актуаторов: два сигнала, активирующих изгиб, и один сигнал — кручение. Этими сигналами управляется 8 актуаторов — 4 изгибающих и 4 скручивающих. В работе продемонстрирована работа построенных моделей в динамике, при действии сосредоточенных и распределенных периодических возбуждающих нагрузок.

Представленная работа выполнена в рамках проекта РФФИ 07-08-13589.

Принципы построения уменьшенных физических моделей

Брагин С. А., Сибирский В. В., Шевцов С. Н.

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

Создание реальной активной конструкции лопасти несущего винта вертолета требует решения комплекса проблем, находящихся на стыке механики материалов и конструкций, биомеханики, теории управления, теплофизики. В докладе приводятся результаты решения проблемы обеспечения механического подобия уменьшенной (1/7) модели несущего винта вертолета с интеллектуальной системой управления, работающей в реальном времени, ее основные параметры и некоторые результаты экспериментального исследования. В силу ограниченности быстродействия системы управления, использующей аналого-цифровое преобразование сигналов, снимаемых с моделируемой конструкции, обработку этих сигналов и преобразование в аналоговую форму, частотные свойства модели должны быть максимально близки свойствам натурной конструкции. Для этого модель активного винта была нагружена сосредоточенными массами, понижающими собственные частоты лопастей. В работе выполнен анализ частотных

характеристик модельной системы с учетом вращения и возникающих в связи с этим центробежных и кориолисовых сил. Определены интервалы частот вращения и соответствующие характеристики грузов, при которых обеспечивается динамическое подобие модели и натуры.

Представленная работа выполнена в рамках проекта РФФИ 07-08-13589.

Технология создания web-приложений для исследования моделей живых систем

Бубенщикова И. А., Пономарева И. С., Тарасевич Ю. Ю.

Астрахань, Астраханский государственный университет

iris_100@mail.ru

В современных науках о живом динамические модели играют все возрастающую роль. Исследователи испытывают потребность в построении динамических моделей для формализации представлений об объекте, получения качественных и количественных прогнозов поведения исследуемых систем в различных условиях.

Имеется реальная потребность в доступном проблемно-ориентированном программном обеспечении, обеспечивающем моделирование процессов в живых системах. Наиболее перспективным подходом является создание системы математического моделирования, основанной на web-технологиях.

Применение web-технологий при разработке программных средств учебного назначения позволяет полностью или частично решить несколько важных задач:

1. Компьютерные программы, основанные на web-технологиях, более доступны для массового использования.
2. Существенно упрощается задача сопровождения программного обеспечения, обновления и исправления ошибок программы.
3. Упрощается проблема охраны авторских прав.

Ведущие разработчики научного программного обеспечения предлагают варианты web-технологий для работы с математическими пакетами. Большинство из них ориентировано на разработку приложений, способных работать в режиме удаленного доступа. Эти системы имеют ряд преимуществ по сравнению с математическими пакетами, установленными на компьютере конечного пользователя.

Главным достоинством является то, что конечный пользователь получает в свое распоряжение всю мощь математических пакетов. Главным недостатком является то, что производительность работы во многом определяется пропускной способностью сети, т.к. в процессе работы происходит обмен данными между клиентским компьютером и сервером.

Для реализации своих научных задач нами был выбран многофункциональный математический пакет MATLAB от MathWorks Inc. MATLAB представляет собой комплекс пакетов, включающих обширные библиотеки стандартных функций для решения задач. Одним из пакетов MATLAB является MATLAB Web Server (MWS). MWS позволяет разрабатывать приложения для работы в Интернете, используя стандартные компоненты MATLAB.

Виртуальная лаборатория охватывает модели, включенные в базу данных «Динамические модели живых систем» <http://www.dmb.biophys.msu.ru/models>, и предоставляет удаленному пользователю возможность проводить предварительные исследовательские работы on-line с использованием представленных в лаборатории моделей и их модификаций.

Лаборатория охватывает различные типы моделей, среди них:

- модели на основе обыкновенных дифференциальных уравнений;
- модели на основе дифференциальных уравнений в частных производных;
- модели на основе дифференциальных уравнений с запаздыванием;
- отображения.

Тестовый вариант лаборатории размещен по адресу:

<http://mathmod.aspu.ru/msu/index.htm>.

Большой круг потенциальных пользователей такой системы представляют собой не только специалисты в области математического моделирования, но и исследователи — биологи, экологи, медики, заинтересованные в построении моделей в своей предметной области. Использование виртуальной лаборатории дает возможность производить эксперименты пользователям, не имеющим достаточно мощной вычислительной техники, а также предоставляет возможность использования программы без необходимости ее приобретения. Такой подход может быть интересен как для образовательного процесса, так и для чисто научных целей.

Также нами разработана локальная версия лаборатории.

О моделях роста и адаптации костной ткани

Ватульян А. О.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
vatulyan@aaanet.ru

Обсуждены различные модели роста и адаптации костной ткани, имеющие важное значение в ортопедии при планировании операций по резекции или постановке имплантата.

В рамках модели неоднородной теории упругости рассмотрены 2 задачи об адаптации костной ткани. В первой адаптация инициирована удалением части ткани, во второй — связана с заменой части ткани имплантатом с известными свойствами. В рамках линейной модели поставлена задача отыскания законов изменения модулей упругости из некоторых оптимизационных задач при фиксированной нагрузке. В качестве критериев предложены: 1) минимальность уровня общей потенциальной энергии системы при наличии ограничений на модули 2) минимальность функционала невязки между полученным в результате перестройки уровнем напряженного состояния и физиологическим уровнем напряжений. Сформулирован общий вариационный принцип, в котором варьируются не только поля смещений и напряжений, но и модули упругости. На основе сформулированных критериев построена последовательность краевых задач, из

которых определяются искомые законы, рассмотрены частные примеры определения законов неоднородности модулей для простейших видов деформаций. Проведено сравнение критериев.

Задача Сен-Венана о чистом изгибе цилиндра с ромбоэдрической анизотропией

Ватульян К. А., Устинов Ю. А.

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

В некоторых материалах, используемых в нанотехнологиях и имеющих форму трубок, встречается ромбоэдрическая анизотропия.

В предыдущих исследованиях были рассмотрены задачи о растяжении и кручении призмы с прямолинейной анизотропией. В настоящей работе методами спектральной теории операторов осуществлено построение решений Сен-Венана двух задач: 1) задачи о чистом изгибе, для которой решение строится в явном аналитическом виде; 2) задачи об изгибе призмы поперечной силой. Она сводится к двумерной краевой задаче на сечении.

Проведено исследование полученных двумерных задач. Доказана их разрешимость. Дается вариационная постановка второй задачи для решения ее МКЭ.

Компьютерное моделирование в механике фейерверков

Величко А. Н.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
velichko85prog@mail.ru

Реализация компьютерной модели фейерверка базируется на решении основных задач:

1. Использование законов динамики для расчета траекторий движения частиц фейерверка, а также камеры и других объектов мира.
2. Моделирование физико-химических процессов, происходящих при сгорании частиц фейерверка.
3. Визуализация модели взрыва как движения системы светящихся частиц, а также реакции окружающего мира.

Для описания фейерверка используется понятие системы частиц, т.е. множества объектов, обладающих набором некоторых материальных и визуальных параметров.

В реализованной модели каждая частица обладает базовым набором свойств и правил или законов. Правила определяют возможности частицы, и управляют процессом жизни частицы. Свойства в целом описывают состояние системы. Каждая частица подчиняется правилам (законам) механики, рождается в определенный или случайный момент времени и таким же образом умирает. Кроме того, частица способна породить другие частицы.

Свойства частиц могут быть заданы в виде наборов констант, функциональных зависимостей или алгоритмически. Для реализации таких свойств в систему встроены скриптовый интерпретатор подмножества языка C++.

Механическая модель основана на классических уравнениях движения точки в поле силы тяжести при учете сопротивления среды. При этом решение задачи Коши строится аналитически или численно.

Трехмерная графика реализована на основе программного интерфейса приложений к аппаратному ускорителю видеокарты — библиотеке Direct3D 9.0. При этом выполняется визуализация таких объектов как частицы, ландшафт и растительность на нем.

Представленная система может, в частности, быть использована как интерактивное наглядное учебное пособие по теоретической механике.

Об определении эффективных постоянных композиционных материалов на основе конечноэлементного моделирования в ACELAN

Вернигора Г. Д.

Ростов-на-Дону, Донской государственный технический университет
soloviev@math.rsu.ru

В данной работе предлагается конечно-элементное моделирование композиций 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 нерегулярной структуры, состоящие из нескольких компонент. Осуществлена программная реализация задания процентного содержания пор в композите, материальные константы которых определяются при помощи умножения материальных характеристик материала сплошной керамики на задаваемый коэффициент понижения. Предложенный решатель позволяет изменять полный набор материальных констант пор, устранять несвязность области, кроме того, с заданной точностью позволяет приближать объемное содержание пор после их перераспределения, вызванного устранением несвязности, к первоначальному. Реализована возможность подсчета объемного содержания пор. Проведено тестирование предложенного решателя на примерах моделирования конкретных, ранее исследованных, задач. 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 и объемным содержанием. Пользователю предоставляется возможность увеличивать/уменьшать масштаб изображения, а также включать/выключать отображение номеров конечных элементов. Важная функциональная особенность данной утилиты состоит в изменении состояния элемента с поры на не пору и наоборот при щелчке кнопкой мышки на изображении. При этом происходит сохранение типов элементов в файл, который используется при решении задачи

в комплексе ACELAN. Также утилита позволяет отслеживать изменение объемного коэффициента пористости, при перераспределении пор. С использованием разработанного решателя и утилиты была проведена серия опытов, которые позволяют сделать выводы о выборе параметров (оптимального коэффициента понижения и оптимальной дискретизации тела.) при конечно-элементном моделировании композита с нерегулярной структурой пор. Также представленный решатель применен в задаче определения эффективных упругих и пьезоэлектрических свойств композитной пьезокерамики нерегулярной структуры, на основе решения серии статических задач. Результаты по определению эффективных свойств сравнены с ранее полученными на основе решения задач на собственные колебания.

Особенности применения метода суперпозиции для динамических задач термоупругости тел конечных размеров

Вовк Л. П., Кисель Е. С.

Горловка, Автомобильно-дорожный институт Донецкого ГТУ
e_s_kisel@ukr.net

Работа посвящена построению численно-аналитического алгоритма решения достаточно широкого круга задач о распространении гармонических волн в однородных плоских призматических телах с прямоугольным сечением. Рассматривается частный случай — связанная задача термоупругости об установившихся симметричных колебаниях однородной упругой прямоугольной области. Предполагается, что на поверхности тела заданы температура и равномерно распределенная нагрузка. Рассматриваемое температурное поле считается не слишком высоким, чтобы могли измениться упругие характеристики материала (в частности — модуль упругости).

Решение исходной задачи строится при помощи модификации метода суперпозиции, в соответствии с которой решение системы уравнений движения составляется с помощью метода Неймана-Шварца, а исходные граничные условия и условия сопряжения заменяются более простыми (так называемыми перекрестными) условиями, которые позволяют аналитически построить общее решение вспомогательной задачи. Возврат к исходным граничным условиям приводит к системе интегральных уравнений относительно неизвестных функций, определяющих вспомогательные условия. Для решения полученной системы применяется метод Бубнова-Галеркина, в котором координатные функции подбираются с учетом особенностей волнового поля в окрестности точек границ и угловых точек области. Это позволяет оптимизировать процесс решения и свести систему интегральных уравнений к бесконечной системе алгебраических уравнений с известной асимптотикой неизвестных.

С помощью предложенного алгоритма был проведен анализ влияния температурного фактора на локальную концентрацию напряжений и распространение гармонической волны в термоупругой прямоугольной области. Асимптотический

анализ неизвестных подтвердил слабую связанность температурного поля с полем деформации в окрестности точек границ и угловых точек исследуемой области.

О решении нестационарных контактных задач в ACELAN.

Вовченко И. И.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

soloviev@math.rsu.ru

Представлены результаты разработки решателя конечноэлементного комплекса ACELAN для моделирования статических и динамических задач теории упругости с дефектами в виде трещин, берега которых взаимодействуют между собой.

Описаны контактные конечные элементы, приведены примеры верификации. Разработан алгоритм решения нестационарной задачи.

О задаче построения упругого потенциала склеральной ткани

Воронкова Е. Б.*, Качанов А. Б., Миронов А. Н.***

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

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

a_n_mironov@mail.ru

Корнео–склеральная оболочка глаза является мягкой нелинейно–упругой биологической тканью, схожей по строению и свойствам с другими биологическими тканями, такими как кожа и сосуды [1]. Изучение нелинейных механических свойств склеры важно для понимания механизмов функционирования глаза в целом, а также в решении частных задач, таких как разработка методов измерения внутриглазного давления и других.

В докладе рассматривается задача построения упругого потенциала корнео–склеральной оболочки глаза. В качестве модели используется нелинейная трансверсально–изотропная сферическая оболочка постоянной толщины, деформационное изменение площади срединной поверхности которой предполагается малым, а материал оболочки — несжимаемым [2].

На основании эмпирических зависимостей, полученных при малых деформациях [3], построена функция упругого потенциала. Из условий перехода потенциала в закон Гука и экспериментальных данных получены значения констант.

Также проведен графический анализ экспериментальной зависимости “напряжение–деформация” при одноосном растяжении образца склеральной ткани вплоть до разрыва. Получены условия существования решения и ограничения на

константы упругого потенциала. Построен график функции упругого потенциала и графики зависимости нагрузки от деформации для симметричного двухосного, одноосного растяжений и сдвига [4].

Литература

1. *Иомдина Е.Н.* Биомеханика склеральной оболочки глаза при миопии: диагностика нарушений и их экспериментальная коррекция. Дис. : докт. биол. наук, М., 2000, 319 с.
2. *Кабриц С.А., Михайловский Е.И., Товстик П.Е., Черных К.Ф., Шамина В.А.* Общая нелинейная теория упругих оболочек. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2002, 388 с.
3. *McEwen W.K., St Helen R.* Rheology of the human sclera: unifying formulation of ocular rigidity. // *Ophthalmologica*, 1965, 105, 321-346.
4. *Мионов А.Н.* Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния оболочки глаза при некоторых операциях. Автореф. дис. : канд. ф.-м. наук, СПб., 2007, 16 с.

О деформации решетчатой пластины глаза при глаукоме

Воронкова Е. Б., Краковская Е.

*Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет
frumen@yandex.ru*

Рассматривается ряд математических моделей деформации решетчатой пластины диска зрительного нерва при глаукоме. Решетчатая пластина моделируется трансверсально-изотропной неоднородной (по радиусу и по углу) круглой пластиной. Построена также модель, учитывающая экспериментальные данные о многослойном строении решетчатой пластины.

О развитии системы тестирования по векторной и тензорной алгебре.

Гавриляченко Т. В., Иванова М. И.

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

Описанная в [1] система тестирования студентов через сеть Интернет дополнена функциями обучающей программы: теперь она содержит справочный теоретический материал по векторной алгебре и аналитической геометрии, а также основы тензорного исчисления в евклидовом пространстве и элементы тензорной алгебры. Теоретическая часть системы реализована с использованием технологии XML (для отображения формул в окне браузера применялся язык математической разметки MathML).

В блок администрирования системы добавлена возможность автоматической рассылки по e-mail сгенерированных для каждого пользователя паролей. Статистическая информация предоставляется теперь в более удобной форме и в большем объеме: так, для каждого прошедшего тестирования ученика сохраняются и варианты выполненных им заданий.

Литература

1. Гавриляченко Т. В., Иванова М. И. Web-система для тестирования студентов, изучающих векторную и тензорную алгебру. Труды III всероссийской школы-семинара «математическое моделирование и биомеханика в современном университете», С. 27.

Обратная коэффициентная задача для двумерной области

Газзаев А. А., Углич П. С.

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

Рассмотрена задача об антиплоских колебаниях упругого неоднородного прямоугольного тела. Построено интегральное уравнение для решения обратной задачи об определении неизвестного модуля сдвига. Уравнение сведено к системе линейных алгебраических уравнений и решается методом Пейджа-Саундерса. Приведены численные результаты.

О конечно-элементных подходах к исследованию задач механики контактных взаимодействий для неоднородных сред

Гладышева Т. В., Наседкин А. В.

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

Интерес к исследованию задач механики контактных взаимодействий для неоднородных сред обусловлен изменением механических свойств материалов в приповерхностных слоях в таких трибомеханических системах, как подшипники качения, зубчатые передачи, системы «колесо-рельс-тормозная колодка», вследствие высоких давлений, пластических деформаций и контактной усталости. Для анализа реальных трибомеханических систем, особенно с учетом неоднородности, необходимы прямые численные методы, среди которых наибольшую эффективность продемонстрировал метод конечных элементов (МКЭ).

В работе рассмотрен комплекс контактных задач для тел с кусочно-неоднородными и непрерывно-неоднородными материальными свойствами. Для решения задач данного типа использована техника МКЭ и разработано специализированное программное обеспечение на языке APDL ANSYS. Для контактных

задач с неоднородными свойствами реализованы следующие этапы решения: построение конечно-элементной модели для однородных тел с заданным сгущением вблизи предполагаемой зоны контакта, модификация упругих конечных элементов путем переопределения их материальных свойств в соответствии с законом изменения неоднородности, определение контактных пар конечных элементов, численное решение задачи, постпроцессорная обработка результатов контактных взаимодействий. Проведены расчеты для тестовых задач о вдавливании жесткого параболического штампа в двухслойное и градиентно-неоднородное основание со сравнением с результатами, полученными аналитическими методами в работах С.М. Айзиковича, М.И. Чебакова и соавторов. Во всех рассмотренных случаях относительная погрешность конечно-элементных и численно-аналитических решений для смещений и напряжений в зоне контакта не превосходила 12%.

Отмечены проблемы, возникающие при рассмотрении задач контактного взаимодействия неоднородного колеса железнодорожного вагона с рельсом. Как было выявлено ранее в РГУПС, после продолжительной эксплуатации колеса железнодорожного вагона механические свойства в приповерхностных слоях колеса, близких к поверхности катания, довольно значительно изменяются, причем эти изменения имеют квазипериодический характер по глубине и стабилизируются на расстоянии примерно 25-35 мм от поверхности. Для определения влияния неоднородностей в трибосистеме «колесо-рельс» были построены твердотельные и конечно-элементные модели колеса ГОСТ 9036-88 и рельса Р65 с учетом уклона и конусности. Проведены конечно-элементные расчеты контактного взаимодействия колеса и рельса при однородных и неоднородных материальных свойствах колеса. Рассмотренные виды неоднородностей, как показали расчеты, оказывают незначительное влияние на напряженно деформированное состояние трибосистемы «колесо-рельс» по сравнению со случаем, когда модуль Юнга постоянен и равен среднему значению. Отличие, например, величин контактных и эффективных напряжений в близкой к площадке контакта зоне не превышает 5%.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 08-08-00853, 05-08-18270)

Дифракция упругих волн на системах внутренних и поверхностных дефектов

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

Краснодар, Кубанский государственный университет

eremin_a_87@mail.ru

В настоящее время для обнаружения и реконструкции форм дефектов в упругих телах большое распространение получили методы ультразвукового неразрушающего контроля. Аналогичные методы используются и в медицинских и биологических исследованиях. Важной составной частью таких методов является решение прямых задач о распространении и дифракции упругих волн в слоистых волноводах с внутренними и поверхностными дефектами.

Целью работы является изучение дифракции нормальных мод на эллиптической полости в изотропном упругом волноводе и на системе поверхностных выемок в волноводе с рельефной поверхностью. Представление отраженных дефектами полей строится с использованием непрямого гранично-интегрального подхода. Рассматривается влияние размеров и положения эллиптической полости на величину коэффициента прохождения нормальных мод. Показано наличие широкого частотного диапазона блокирования набегавшей антисимметричной моды, характеристики которого мало зависят от глубины залегания полости. Для системы поверхностных выемок изучается возможность резонансного захвата и локализации энергии в зоне между выемками.

Работа поддержана грантами РФФИ № 06-01-96607 и INTAS № 05-1000008-7979.

Приближенное вычисление оптимального бинарного отношения в задачах моделирования нечетких систем

Городецкий А. Е.

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

В теории образов [1] известна задача отыскания отображения из алгебры деформированных изображений I_d в алгебру идеальных изображений I . Предполагается, что отображение $I_d \rightarrow I$ восстанавливает идеальное изображение I , которое в результате воздействия механизма деформации M_d было превращено в наблюдаемый объект, имеющий изображение I_d . Обычно за идеальное I и деформированное I_d изображения некоторого физического объекта O принимаются их модели, которые строятся, исходя из известных исходных данных D и используемой алгебры A_m , $A_m \subset A$ [2]. Далее ставится задача найти «хорошее» (оптимальное или близкое к нему) отображение $I_d \rightarrow I^*$, такое, что получаемое изображение I^* оказывается близко в некотором смысле к изображению I . При этом могут быть использованы вычислительные методы теории принятия решений, использующие при поиске наилучшего изображения I^* бинарные отношения g_0 и методы математического программирования в порядковых шкалах, обобщенного математического программирования или многошагового обобщенного математического программирования [3]. Если не удастся получить требуемую близость изображений I^* к I (пара $(I^*, I) \in g_0$), исходная алгебра моделей A_m расширяется до A_{m1} , $A_m \subset A_{m1} \subset A$.

В работе формулируется обобщенное описание оптимизационной задачи поиска бинарного отношения в виде множества с минимальной мощностью, и задачи структурной оптимизации полученного множества в виде матрицы, в которой строки располагаются по убыванию вероятности решений. Описываются алгебраические методы решения первой оптимизационной задачи комбинаторные методы решения второй логико-вероятностной оптимизационной задачи. Приводятся алгоритм приближенного вычисления вероятности сложной логической

функции и алгоритм вычисления неизвестной вероятности одного элемента исследуемого объекта при известных других.

Литература

1. U. Grenander. Pattern analysis.//Lectures in Pattern Theory. Volume 11. Springer-Verlag, New York Heidelberg Berlin. 1978.
2. Введение в математическое моделирование.: Учеб. пособие./Под ред. П. В. Трусова.-М.: Логос, 2005.
3. Юдин Д. Б. Вычислительные методы теории принятия решений. М.: Наука, 1989.

Построение диагностической модели мукоцилиарного транспорта в виде конечного автомата

Городецкий А. Е., Дубаренко В. В., Кучмин А. Ю.
Санкт-Петербург, Институт проблем машиноведения РАН
dvv@ss.ipme.ru

Целью моделирования является диагностика заболеваний путем анализа работы мукоцилиарного транспорта (МЦТ). Построение модели осуществляется на основе математической модели механики колебаний отдельной реснички [1] и структурно-функциональной модели колебаний ореола ресничек мерцательных клеток. При этом модель МЦТ реализуется путем коммутации набора элементарных компонентов и элементов, осуществляющих логические или алгебраические по модулю 2 операции [2].

Особенностью модели является учет наличия элементов вырабатывающих случайные последовательности двоичных кодов при фиксированных входных последовательностях и алгебраический подход к решению логико-вероятностных задач.

Работа выполнялась при финансовой поддержке РФФИ (грант № 05-08-50354-а «Исследование и моделирование механики цилиарного транспорта для разработка автоматизированного медицинского комплекса определения параметров двигательной активности цилиарного аппарата человека»)

Литература

1. Д. С. Алексеев, Е. И. Баду, А. Е. Городецкий, В. В. Дубаренко, А. Ю. Кучмин, И. Л. , Моделирование реснитчатого аппарата мерцательных клеток // Математическое моделирование, 2008.
2. Городецкий А. Е., Дубаренко В. В., Ерофеев А. А. Принципы создания моделей для прогноза отказов в нечетких системах // Управление в условиях неопределенности / Под ред. А. Е. Городецкого. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2002

Структурно-функциональная модель колебаний ресничек мерцательных клеток

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

Санкт-Петербург, Институт проблем машиноведения РАН

radiotelescope@nm.ru

Реснички мерцательной клетки и даже одной области совершают синхронные движения. Все реснички «колеблются в унисон». Скорость колебаний ресничек 160-250 раз в минуту [1]. Они окружены тонким слоем перилиарной жидкости. Над этой жидкостью лежит собственно слизь, продуцируемая бокаловидными клетками и железами собственного слоя слизистой оболочки. При движении реснички вытягиваются и кончики их выходят из перилиарной жидкости, контактируя с покрывающей поверхность эпителия слизью. Поверхностный слой перилиарной жидкости и слизь в этот момент перемещаются. Вид движения ресничек, по мнению большинства исследователей, может быть охарактеризован как гребной удар или гребное движение [2]. Оно состоит из двух фаз — эффективной и возвратной. В настоящей работе предлагается для математической модели реснички как механической системы в виде системы твердых тел, соединенных упругими связями [3], синхронные колебания реснички объяснить действием мембранно-транспортного механизма, в котором в качестве координатора, синхронизирующего колебания реснички, выступают ионы кальция. Сигналом для начала натяжения динеиновых ручек реснички является повышение концентрации Ca^{2+} вблизи их основания (в базальном тельце), которая регулируется с помощью специальных кальциевых насосов, встроенных в мембрану базального тельца. Сигналом синхронизации биений ресничек является пространственное изменение концентрации ионов кальция в перилиарной жидкости, связанное с её волнообразным движением. Ресничка, таким образом, представляет собой эквивалент ждущего мультивибратора, срабатывающего по химическому маркеру. По-видимому, также существуют «генерирующие области» клеток эпителия, задающие направление и скорость биения остальных ресничек, и работающие по сигналам от нервной системы. При этом по сигналу от нервной системы в некоторой окрестности задающих гребок микротрубочек происходит кратковременное увеличение потенциала на мембране базального тельца. В процессе возврата реснички происходит сжатие мембраны базального тельца вблизи микротрубочек, участвующих в процессе возврата, что приводит к увеличению ее толщины и к уменьшению потока ионов через мембранные каналы, приводящее к прекращению работы соответствующего кальциевого насоса. Одновременно происходит растяжение мембраны базального тельца с противоположной стороны, что приводит к уменьшению толщины мембраны в этой зоне и к увеличению потока ионов через мембранные каналы, приводящее к запуску соответствующего кальциевого насоса, обеспечивающего новый гребок реснички. Далее процесс развивается как автоколебательный в пределах одной клетки. Одновременно поток перилиарной жидкости переносит с некоторым запаздыванием, зависящим от скорости течения, ионы кальция к соседней клетке. В ней то же возникает синхронная, но сдвинутая на некоторую фазу, волна колебаний ее ресничек. Таким

образом, волны колебаний распространяются вдоль всех мерцательных клеток, обеспечивая работу мукоцилиарного транспорта.

Работа выполнялась при финансовой поддержке РФФИ (проект № 05-08-50354-а «Исследование и моделирование механики цилиарного транспорта для разработка автоматизированного медицинского комплекса определения параметров двигательной активности цилиарного аппарата человека»)

Литература

1. Irring M. 1987. Muscle mechanics and probes of the crossbridge cycle. In: Fibrous protein Structure (J. M. Squire, P. J. Vibert, eds.). San Diego, CA. Academic Press.

2. Пискунов С. З. 1995. Актуальные проблемы ринологии и пути их решения. // Российская ринология. № 3-4, с. 6-12.

3. Алексеев Д.С., Баду Е.И., Городецкий А.Е., Дубаренко В.В., Кучмин А.Ю., Тарасова И.Л. Моделирование реснитчатого аппарата мерцательных клеток // Математическое моделирование, 2008.

Звуки Короткова — история, теория, нерешенные проблемы

Григорян С. С.*, Пихлер Д.** , Саакян Ю. З.***, Цатурян А. К.*

* Москва, Институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова

** Cambridge, UK, Cambridge University

*** Москва, Институт проблем естественных монополий

tsat@imec.msu.ru

Аускультаторный или звуковой метод определения артериального давления (АД) крови был предложен в 1905 г. выдающимся русским врачом Николаем Сергеевичем Коротковым [1]. Метод основан на прослушивании звуков, возникающих в артерии, пережатой внешним давлением, которое, в свою очередь, измеряют манометром. Благодаря своей простоте, высокой надежности и безопасности для пациента, метод Короткова быстро завоевал популярность во всем мире. История создания метода и полная трагическая судьба его автора могли бы лечь в основу сюжета романа или сценария фильма.

Метод Короткова остается наиболее распространенным методом измерения АД. Трудно найти человека, которому ни разу не измерили бы давление этим методом. Объем рынка автоматических и полуавтоматических устройств, работающих на основе метода Короткова, составляет многие миллионы долларов. Вскоре после открытия метода Короткова выявились некоторые проблемы, а именно, были обнаружены ситуации, при которых истинное АД может существенно отклоняться от его оценки по Короткову. К ним, в первую очередь, относятся т.н. «бесконечный тон» и «аускультаторный провал». В первом случае звуки Короткова прослушиваются в отсутствие внешнего давления в манжете, т.е. нижнее или диастолическое давление по Короткову равно нулю, а во втором — в некотором диапазоне давлений в манжете звуки исчезают, что может приводить к существенному занижению кажущегося систолического АД.

Для объяснения происхождения звуков Короткова было предложено множество теорий, связывавших их появление с активностью гладких мышц сосудистой стенки, кавитацией, флаттером, неустойчивостью оболочки, заполненной жидкостью, автоколебаниями в податливых трубках и другими явлениями. Важнейшее продвижение в понимании природы звуков Короткова было достигнуто в работе [2], авторы которой связали возникновение звуков с образованием «ударной волны» при опрокидывании пульсовой волны давления при ее распространении в участок артерии, пережатый внешним давлением. Однако этот результат не был в достаточной мере оценен последующими исследователями, поскольку авторы не ответили на вопрос о том, где и как при опрокидывании пульсовой волны генерируются периодические колебания стенки, воспринимаемые на поверхности как тоны Короткова.

Нами была опубликована серия работ [3–5], в которых звуки Короткова связывались с колебаниями, возникающими на фронте «ударной волны» расправления пережатой артерии. Колебания в структуре ударной волны возникают из-за «высокочастотных» членов, описывающих инерцию сосудистой стенки и окружающих ее тканей и изгибную жесткость стенки. Теория объяснила практически все опытные факты, касающиеся звуков Короткова, включая природу «бесконечного тона». Некоторые положения и предсказания теории были подтверждены специально поставленными экспериментами. Совместно с коллегами из Риги мы определили зависимость площади внутреннего сечения плечевой артерии человека от трансмурального давления [6] и провели численное моделирование распространения пульсовых волн показавшее хорошее согласие с наблюдениями [7]. Недавно в результате численных расчетов был выявлен режим неполного раскрытия артерии, который может иметь отношение к «аускультаторному провалу».

Работа поддержана РФФИ и грантом Президента РФ.

Литература

1. Коротков Н. С. Изв. Импер. Воен.-мед. академ. 1905, Т. 11, № 4, С. 365-366.
2. Bramwell J. C., Hill A. V. Proc. R. Soc. Lond. B. 1922, V. 93, P. 298-306.
3. Григорян С. С. Саакян Ю. З., Цатурян А. К. ДАН СССР, 1980, Т. 251, С. 570-574.
4. Григорян С. С. Саакян Ю. З., Цатурян А. К. ДАН СССР, 1981, Т. 259, С. 793-795.
5. Григорян С. С. Саакян Ю. З., Цатурян А. К. Биомеханика (Болгария) 1984, Т. 15-16, С. 54-75.
6. Саакян Ю.З., Цатурян А.К. Касьянов В.А., Мунгалов Д.Д. Физиол. чел. 1985, Т. 11, С. 83-89.
7. Саакян Ю.З. Изв. АН СССР, Мех. жидк. газа. 1987, № 6, С. 44-51.

Решение некоторых задач анализа эмпирических данных в медицине и криминологии

Гузев М. А.* , Никитина Е. Ю.** , Черныш Е. В.**

**Владивосток, Президиум ДВО РАН*

***Владивосток, Дальневосточный государственный университет*

nikitina@imcs.dvgu.ru

Во многих слабоформализованных областях деятельности приходится решать проблему выбора методов анализа накопленных данных с целью построения прогностической модели развития наблюдаемых процессов. Например, в криминологии выявление факторов, влияющих на количество совершаемых преступлений, имеет часто субъективный аспект, что приводит к неопределенности в анализе ситуаций. В медицине задача постановки диагноза, а значит, выбора правильной стратегии и тактики лечения, связана с оценкой и анализом большого числа факторов. Рассматриваемая в данной работе задача заключается в том, чтобы по имеющимся данным о заболеваемости различных возрастных категорий населения Приморского края и данным об уголовных преступлениях (на примере Японии) найти закономерности в распределении данных по заранее заданным категориям и определить влияющие факторы риска из основных показателей: социальных, экономических, состояния окружающей среды.

Для решения этой задачи мы используем подход, предложенный В. П. Масловым для решения экономических задач [1]. Он основан на построении рангового распределения для наблюдаемых величин, в соответствии с которым эмпирические данные преобразуются в упорядоченный по возрастанию набор абсолютных значений (частот встречаемости), при котором каждому элементу из набора ставится в соответствие ранг, равный порядковому номеру элемента в наборе.

Построен экспериментальный график зависимости ранга от частоты и теоретическая двухпараметрическая кривая. Для тех наборов данных, где невозможно подобрать единую теоретическую кривую был применен кластерный анализ, а затем использовался подход В. П. Маслова на каждом кластере отдельно. Анализ результатов кластеризации в криминологии показал, что преступления объединяются в кластеры, устойчивые по составу с течением времени.

Исследование построенных графиков по медицинским данным, в частности, по йоддефицитной заболеваемости взрослой категории населения Приморского края показал, что социально-экономические факторы риска приводят к разделению городов и поселков на группы с разным уровнем заболеваемости и оказывают большее влияние на рост заболеваемости в небольших поселениях и крупных городах, тогда как население малых городов и поселков городского типа более устойчиво к социально-экономическим потрясениям. Это демонстрируют резкие изменения характеристик кластеров в 1998 г. (дефолт в России) и 2002 г. (рост терроризма по всему миру).

Для автоматизации процесса исследования был создан специальный инструментальный пакет программ, выполняющий всю обработку эмпирических данных от ранжирования до кластеризации и имеющий интерфейс, ориентированный на исследователей-нематематиков.

Работа выполнена при поддержке гранта НШ 2810.2008.1.

Литература

1. Маслов В.П. Квантовая экономика. М.: Наука, 2006, 92 с.

Влияние формы держателя на АЧХ микрокантилевера с учетом термоупругой связи

Долицкая И. С., Карпинский Д. Н.

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

В настоящее время атомно-силовая микроскопия (АСМ) позволяет получать изображения объектов с высоким разрешением, а также является активным инструментом для высокоточного формирования структуры поверхности.

Особое значение для исследования мягких биомолекулярных тканей играет динамический полуконтактный режим. В динамическом режиме АСМ, консоль колеблется на резонансной частоте кантилевера с заданной амплитудой. Взаимодействие вершины зонда микроконсоли с поверхностью исследуемого образца изменяет динамику микроконсоли (амплитуду колебаний, резонансную частоту, фазу), что позволяет создать изображение поверхности образца с наномасштабным разрешением. Полуконтактным динамический режим является в том случае, когда нижняя полуволна находится в области действия межатомных сил отталкивания.

Поскольку силы взаимодействия вершина зонда — образец немонотонно зависят от расстояния между ними и даже меняют знак, реакция динамической системы на возмущения очень сложна и расчет колебаний трехмерных упругих тел возможен только численными методами. Впервые в [1] метод конечных элементов был использован для анализа колебаний с учетом взаимодействия вершины зонда консоли с образцом. Другое важное обстоятельство при трехмерном расчете динамического режима АСМ учтено в [2]. В этой работе впервые оценено влияние упругих свойств держателя микроконсоли на характеристики колебаний зонда АСМ.

В данной работе продолжено исследование в этом направлении с целью сравнения собственных частот изгибных колебаний жестко закрепленной микроконсолью АСМ и упруго связанной с держателем. Расчет также учитывает процессы диссипации при колебаниях микроконсоли с держателем. Диссипация обусловлена тепловыделением в системе микрокантилевер — держатель. Далее построены АЧХ системы и уточнены моды колебаний, ответственные за резонансные явления. Расчеты показали, что влияние способа соединения микрокантилевера и

держателя, а также учет тепловыделения существенны и их следует принимать во внимание при конструировании и использовании АСМ.

Литература

1. Song Y., Bhushan B. Simulation of dynamic modes of atomic force microscopy using a 3D finite element model // Ultramicroscopy. 2006, V. 106, P. 847-873.
2. Rabe U., Hirsekorn S., Reinstadler M., Sulzbach T., Lehrer Ch., Arnold W. Influence of the cantilever holder on the vibrations of AFM cantilevers // Nanotechnology. 2007, V. 18, 044008.

Программное обеспечение для вычисления параметров кровотока в части артериальной системы

Елшин М. А.

Саратов, Саратовский государственный университет

michael_ema@mail.ru

В настоящее время одной из актуальных задач является моделирование тока крови в артериальной системе человека в норме и при различных патологиях, а так же моделирование различных вариантов реконструкции сосудистого русла. Широко распространенные системы конечно-элементного анализа хорошо зарекомендовали себя в данной области среди инженеров. Однако, технически неподготовленный персонал, например медицинские работники, которые, собственно, и являются конечным потребителем подобных разработок, не может использовать такие программы в повседневной практике.

Одной из наиболее интересных задач является прогнозирование результатов того или иного варианта реконструктивной операции на артериальной системе человека. Это позволит однозначно выбрать наиболее удачный вариант операции, в результате которой для конкретного человека ток крови будет максимально близок к току крови в нормальном состоянии. Для этого программная система должна иметь достаточное количество параметров, настраиваемых под конкретного пациента, должна быть быстродействующей и понятной пользователю.

Разработанная программная система позволяет графически строить участок артериальной системы, в которую можно включить и искусственные элементы, такие как, например, шунты, имплантаты или другие, а также задавать геометрические и механические параметры каждого сосуда модели. По заданным входным параметрам система вычисляет характеристики тока крови во всех участках модели и в любой момент времени периода пульсации. Ниже структурировано записаны входные и выходные данные вычислительной системы.

Входными параметрами являются:

- Геометрия артериальной системы.
- Механические параметры крови (плотность, вязкость).
- Механические параметры сосудов: модуль Юнга, коэффициент Пуассона.
- Входной объемный кровоток, на входе задается изменение объемного кровотока по времени $Q(t)$.

- Некоторые дополнительные параметры, как то: параметры, связывающие объемный кровоток с давлением на выходах, среднее за период давление на выходах, начальное натяжение.

Выходными данными являются:

- давление крови в артериальном русле
- объемный кровоток в артериальном русле
- скорость крови.

Результаты представляются в виде графиков зависимостей $V(z, t)$, $P(z, t)$ и $Q(z, t)$, где V — средняя по сечению скорость крови, P — давление крови в сосуде, z — продольная координата.

Результаты, полученные посредством конечно-элементного моделирования в среде ADINA и посредством разработанной системы, близки друг к другу. Максимальное отклонение их друг от друга достигается в момент систолы, и эта разница не превышает 10%. В остальные моменты периода пульсации отличия незначительны.

Основными преимуществами описанной системы являются простота использования, интуитивно понятный пользовательский интерфейс и высокая скорость вычисления. Недостатком является то, что модель построена на базе одномерной математической модели, а следовательно она не позволяет анализировать распределение параметров в узкой области, а также не учитывает изгиб сосудистого русла.

Учебно-сертификационный Центр как форма Outreach School & Faculty Development

Ерусалимская Н. Я., Ерусалимский Я. М., Надолин К. А.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

nadolin@math.rsu.ru

В докладе затронута проблема развития форм и методов оказания дополнительных образовательных услуг, а также путей и способов подготовки и повышения квалификации учебно-вспомогательного персонала в современном университете. Рассматривается сфера информационных технологий и, более узко, информационных технологий, продвигаемых корпорацией Microsoft. Сопоставлен и проанализирован опыт российских и зарубежных университетов в области, которая обозначается англоязычными терминами «outreach school» и «faculty development». Представлена информация об учебно-сертификационном центре факультета математики, механики и компьютерных наук ЮФУ и сделаны выводы о том, в какой мере эта форма соответствует понятиям «открытый факультет» и «повышение квалификации». УСЦ МАМЕКОН объединил ИТ-Академию мехмата и авторизованный центр тестирования Certiport. Это позволяет предложить потребителю не только такую образовательную услугу, как качественное обучение современным информационным технологиям корпорации Microsoft, но и осуществить экзаменационное тестирование с возможностью получения сертификата MOS (Microsoft Office Specialist) или IC3 (Internet and Computing Core Certificate).

ИТ-Академия мехмата была создана в конце 2006 года как форма участия механико-математического факультета РГУ в образовательной программе Microsoft IT Academy. Открытию ИТ-Академии мехмата предшествовал более чем двухлетний подготовительный период, о чем рассказывалось на предыдущих школах-семинарах и других научно-методических конференциях. Продвигая программу IT Academy, корпорация Microsoft устанавливает единый международный стандарт преподавания целого ряда курсов в области информационных технологий Microsoft – мирового лидера в производстве программного обеспечения. Поэтому участие в Программе позволяет вузу проводить обучение на уровне мировых стандартов, а слушателям – получать знания и навыки работы с широко распространенным программным обеспечением, становясь востребованными на рынке труда специалистами. Важной особенностью учебных курсов Microsoft IT Academy является соединение теории с решением практических задач в области ИТ.

Соглашение и договор об открытии АЦТ Certiport на мехмате было подписано летом 2007 года. Процесс сдачи сертификационного экзамена происходит on-line в авторизованных центрах тестирования Certiport по всему миру и по единым правилам. Корпорация Microsoft делегировала компании Certiport Inc. полномочия по проведению тестирования и выдачи сертификатов MOS – Microsoft Office Specialist. MOS является основной программой сертификации корпорации Microsoft для пользователей офисных приложений. Она уже завоевала популярность среди пользователей (согласно статистике компании, их уже более 2 млн.). Сертификация MOS дает пользователям пакетов Microsoft Office возможность проверить уровень своей профессиональной подготовки, и доказать его соответствие установленному стандарту, признаваемому по всему миру. Для работодателей наличие сертификата MOS сегодня служит доказательством умения сотрудника решать конкретные рабочие задачи. Программа MOS предлагает сертификацию нескольких уровней сложности (мастер, эксперт, специалист) для целого ряда пакетов Microsoft Office. В 2002 году компанией Certiport Inc. была разработана программа Internet and Computing Core Certification (IC3), предназначенная, в первую очередь, для начинающих пользователей, и тех, кто хочет подтвердить свои компьютерные знания и навыки работы в Интернет. Целью программы является установка базовых стандартов компьютерной грамотности и навыков использования Internet, которые бы максимально отражали сегодняшние потребности. Программа сертификации IC3 включает проверку базовых компьютерных знаний, навыков работы с локальными сетями и Интернет. После сдачи экзамена IC3 пользователи, по мнению специалистов Certiport, могут продолжить обучение по более сложным программам, таким, например, как Microsoft Office Specialist.

Проблемы и перспективы асинхронного обучения в Южном федеральном университете.

Ерусалимский Я. М., Кряквин В. Д., Чернявская И. А.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

vadkr@math.rsu.ru

Цель настоящей заметки — поделиться некоторым опытом, накопленным на факультете математики, механики и компьютерных наук, и той информацией, которую удалось проанализировать и систематизировать за 17 лет реализации многоуровневой системы «бакалавр-специалист-магистр» на факультете математики, механики и компьютерных наук.

В Федеральном Законе РФ «О высшем образовании» записано, что «...предоставляются академические свободы, в том числе ... свобода студента получать знания согласно своим склонностям и потребностям». Реализовать эти свободы можно, вводя асинхронное обучение, которое используется более или менее успешно в ряде стран. Ясно, что необходимо в первую очередь провести эксперимент по внедрению асинхронной системы организации учебного процесса. Что имеется в виду? Полной американской асинхронности и индивидуализации траектории обучения мы не сможем добиться, и не имеем прав на ее реализацию (этого нам не позволят ни действующие, ни разрабатываемые ГОС ВПО). Однако, разбив предметы учебного плана на три типа: изучаемые в жесткой последовательности, изучаемые в произвольной последовательности и изучаемые по выбору студента, мы сможем внедрить в учебный процесс (особенно на старших курсах) заметную долю асинхронности. Более того, это позволит преодолеть в некотором смысле отсутствие профилирования (специализации) в стандартах третьего поколения на бакалаврском уровне. Что означает последнее? На старших курсах студент имеет научного руководителя. Он и будет исполнять роль американского тьютора, составляя со студентом его индивидуальный план обучения (учитывая появившуюся свободу и требования системы ECTS — трудоемкость семестра составляет 30 кредитов, учебного года — 60, бакалаврской программы — 240, специалиста — 300, магистра — 360 (240+120)). Правильный подбор курсов по выбору сможет обеспечить профилирование в бакалаврских программах ГОС ВПО третьего поколения, а на современном этапе позволит нам без дополнительных затрат увеличить число реализуемых специализаций. Привлекательность асинхронности видится мне и в том, что это позволит сформировать в наших студентах и элементы индивидуализма и способность к самоорганизации, чего им сейчас порой не хватает (это показывают социологические исследования, проведенные среди студентов).

Почему речь идет об эксперименте, и о каком именно, если все так прекрасно и прогрессивно? Остается много неясного. Первое — хватит ли нам учебных площадей для этого. Второе — как планировать учебную нагрузку преподавателей в условиях неизбежной неопределенности, связанной с выборностью отдельных предметов. Третье — как увязать асинхронность с действующими принципами назначения на стипендию (у студентов одного курса и одной специальности в сессию может быть разное количество экзаменов). Четвертое и самое главное

— не ясно, смогут ли деканаты в их сегодняшнем состоянии (имеется в виду и численный состав деканатов и уровень оплаты труда) справиться с новой системой управления учебным процессом. Сможем ли мы отслеживать продвижение каждого студента по его индивидуальной траектории, справимся ли мы с планированием учебной нагрузки и контролем за ее выполнением? Готовы ли научные руководители студентов взять на себя обязанности тьюторов и не потребуются ли для этого дополнительные материальные ресурсы (надбавки)? Для того чтобы получить ясные и четкие ответы на поставленные вопросы, Ученый совет факультета математики, механики и компьютерных наук принял решение о проведении эксперимента по внедрению асинхронного обучения для студентов 3-5 курса и магистров на отделении «Математика». Результаты эксперимента позволят дать аргументированный ответ на вопрос «Быть или не быть асинхронному обучению в ЮФУ?» Нам, как инициаторам эксперимента, хочется верить в его удачу, т. е. в положительный ответ на вопрос «Быть или не быть?».

Нелинейный пространственный изгиб составного бруса, обусловленный начальными напряжениями

Зеленина А. А., Зубов Л. М.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

zubov@math.rsu.ru

С точки зрения нелинейной трехмерной теории упругости рассматривается задача пространственного изгиба призматического бруса, обладающего неоднородностью свойств по координатам, отсчитываемым в плоскости поперечного сечения. Эта неоднородность может быть обусловлена, в частности, тем, что брус содержит предварительно растянутые или сжатые в осевом направлении стержневые включения. Доказано, что при отсутствии внешней нагрузки на торцах бруса указанные начальные напряжения приводят к такому изгибу бруса, при котором его ось превращается в винтовую линию. Найдена подстановка, позволяющая точно свести исходную трехмерную задачу нелинейной теории упругости к двумерной краевой задаче для области в форме поперечного сечения бруса. Краевые условия на торцах составного стержня выполняются в интегральном смысле Сен-Венана.

Общая теория проиллюстрирована решением плоской задачи об изгибе прямоугольного бруса, составленного из предварительно растянутых или сжатых полос. Эта задача сведена к краевой задаче для обыкновенного дифференциального уравнения. В случае двухслойного бруса из полуплинейного материала найдено точное решение о его сильном изгибе, обусловленном начальными напряжениями.

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента РФ МК-962.2007.1.

Модель системного артериального русла человека, основанная на измерениях *in vivo*

Зенин О. К.* , Кизилова Н. Н.**

* *Донецк, Донецкий национальный медицинский университет*

** *Харьков, Харьковский национальный университет*

nnk_@bk.ru

Моделирование русла системных артерий человека составляет актуальную задачу, поскольку численные расчеты по такой модели позволят рассчитать распределения кровотока между внутренними органами и мышцами, перераспределение давлений при различных патологических процессах, физической нагрузке, при планировании сердечно-сосудистых операций. Наиболее известной моделью является модель системного дерева, состоящего из 55 трубок с заданными длинами L , диаметрами d , толщинами h и модулями упругости E стенки и соответствующими терминальными проводимостями (Westerhof, 1968). Данные были получены на трупном материале, поэтому диаметры артерий завышены, а толщины стенок занижены, что соответствует состоянию максимальной дилатации. Наименее удовлетворительными являются результаты измерений модуля упругости стенки (приведены всего 3 различных значения для артерий разного калибра: 4; 8 и 16 x10⁵ Па). Впоследствии таблица данных для 55-элементной модели системного дерева существенно уточнялась (Stergiopoulos 1987; Parker 2004). Расчеты скорости распространения пульсовых волн в трубках с разными диаметрами, проведенные на основе уточненных данных, дают хорошую степенную аппроксимацию $c = 4.087r^{-0.486}$ м/с ($R^2 = 0.749$). Расчеты коэффициентов отражения волн $\Gamma = (Y_0 - Y_1 - Y_2)/(Y_0 + Y_1 + Y_2)$ в бифуркациях сосудов, где $Y_{0,1,2}$ — волновые проводимости материнского и дочерних сосудов, $Y_j = S_j/(\rho c_j)$, ρ — плотность жидкости, S_j — площадь сечения сосуда показали, что в состоянии максимальной дилатации на большинстве ветвлений $\Gamma \sim 0$, то есть артериальное дерево является идеальным ветвящимся волноводом. Это положение широко обсуждается в литературе, и даже было проведено уточнение значений L_j, d_j, h_j так, чтобы во всех ветвлениях было достигнуто значение $\Gamma = 0$ (Wang 2004).

В данной работе представлены результаты ультразвуковых измерений значений длин, диаметров и кривых объемного кровотока $Q(t)$ в 78 системных артериях 5 здоровых добровольцев *in vivo*. Длины всех артерий прослеживались до места впадения в мышцу или орган. Расчеты коэффициентов отражения показали, что в живом организме значения Γ варьируют в широком диапазоне значений $\Gamma \in [-0.28; 0.61]$, и большинство ветвлений характеризуется положительным коэффициентом отражения. Средние значения по массиву для каждого из обследованных близки к нулю ($\langle \Gamma \rangle \in [0.23; 0.98]$). На основе данных измерений были проведены расчеты распределений давлений и скоростей кровотока в русле системных артерий. Для терминальных элементов задавались комплексные коэффициенты отражения волн, соответствующие резистивным и емкостным свойствам внутриорганных и внутримышечных русел. Входная волна давления, генерированная при сокращении сердечной мышцы, рассматривалась как малое возмущение и раскладывалась в ряд Фурье, в котором значимыми являются 4-5

первых гармоник (Педли, 1983). Расчеты стационарного кровотока проводились на основании формулы Пуазейля и, таким образом, задача сводилась к системе алгебраических уравнений для давлений в узлах и объемных расходах в трубках. Для каждой из волновых гармоник использовалось решение линеаризованных уравнений Навье-Стокса и уравнений классической теории вязкоупругости для толстостенного цилиндра (Womersley, 1957). Результаты сравнения численных расчетов с данными измерений кривых $Q(t)$ позволяют провести идентификацию параметров терминальных элементов.

Полученная модель системного русла позволяет моделировать перераспределения крови, связанные с нарушениями внутриорганной гемодинамики, физической нагрузкой, стенозом отдельных артерий, операциями шунтирования. Результаты показали, что изменение параметров одной артерии вызывает сложные перераспределения крови, которые в норме могут компенсироваться соответствующими регуляторными процессами.

Устойчивость и адаптация экологических систем

Ильичев В. Г.

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

Традиционно проблема устойчивости физических, химических, технических объектов решается в пространстве переменных математической модели

$$\dot{X} = G(X, a),$$

здесь X — вектор переменных, a — вектор параметров. Однако в экологических системах действуют процессы микроэволюции, поэтому параметры могут изменяться. В этом случае проблему устойчивости следует обсуждать в расширенном пространстве переменных и параметров.

В качестве примера рассмотрим модель динамики одной популяции

$$\dot{x} = xf(x, a), \tag{1}$$

где x — численность популяции; функция f убывает по x ; $f(0, a) > 0$ для всех физиологических параметров a .

При фиксированном a в модели (1) имеется единственное положительное равновесие $\varphi(a)$. Оно всегда устойчиво в допустимом пространстве переменных \mathbb{R}_+ . Пусть теперь данная (исходная) популяция порождает некоторое число (m) мутантов, физиологический параметр ($a + \mu$) которых немного отличается от a . Тогда возникает конкуренция между исходной популяцией и мутантом

$$\dot{x} = xf(x + m, a), \tag{2}$$

$$\dot{m} = mf(x + m, a + \mu). \tag{3}$$

Будем называть параметр a эволюционно-устойчивым (ЭУ-параметром), если при добавлении малого числа мутантов (и при всех достаточно малых μ) не

происходит вытеснения исходной популяции в модели (2), (3). По сути, эволюционная устойчивость — это свойство не проигрывать в конкурентной борьбе. В процессе эволюции могут реализоваться только такие параметры.

Простой анализ показывает, что для модели (1) ЭУ-параметр доставляет локальный максимум функции φ . В этой связи, представляет интерес следующие проблемы:

1. где будут находиться ЭУ-параметров взаимодействующих популяций (конкуренты, «хищник-жертва» и др.),
2. пусть условия среды периодически изменяются (температура), где будут располагаться ЭУ-параметры одной и более популяций.

В докладе будут приведены решения указанных задач.

Один метод определения углового положения тела

Илюхин А. А.

*Таганрог, Таганрогский государственный педагогический институт
stab@tgpi.org.ru*

Предлагается новый подход к определению углового положения тела. Метод использует динамические уравнения, а также неподвижную цилиндрическую систему координат. Для определения направляющих косинусов подвижных осей по отношению к цилиндрической системе координат необходимо вычисление одной квадратуры и использование подпрограммы вычисления тригонометрических функций. Предложенный алгоритм требует небольших временных затрат при счете на ЭВМ и может быть использован при контроле ориентации движущихся тел в реальном режиме времени.

К одномерной микрополярной теории упругих стержней

Илюхин А. А., Тимошенко Д. В.

*Таганрог, Таганрогский государственный педагогический институт
stab@tgpi.org.ru*

В дополнение к результатам работы А. А. Илюхина, Н. Н. Щепина «К моментной теории упругих стержней» получены дополнительные соотношения, которые нужно привлечь, чтобы вместе с системой дифференциальных уравнений Кирхгофа получить замкнутую систему. Указаны условия, которым должны удовлетворять коэффициенты в замыкающих соотношениях. Оценен вклад в эти соотношения, который привносит учет моментных напряжений. Для одномерной теории указано решение при наличии жесткостной симметрии. Полученные результаты проинтерпретированы в рамках механического подхода к определению конфигураций молекул ДНК.

Механическая мышца как генератор управляющего воздействия

Кабельков А. Н.

Новочеркасск, ЮРГТУ (НПИ)

prof_kan@mail.ru

Механическая мышца, являющаяся аналогом скелетной мышцы, может быть использована для создания нового поколения приводов, генерирующих воздействия на управляемые объекты. Принципом ее работы является создание усилия в направлении, перпендикулярном сокращению мышцы. Для реализации принципа мышца моделируется цилиндрической оболочкой (с торцевыми элементами), внутрь которой подается некоторое давление. Она разбита на секции поперечными круговыми недеформируемыми стержнями, к которым шарнирно присоединены гибкие, нерастяжимые стержни. Между ними расположена эластичная оболочка, не оказывающая сопротивления деформациям. Таким образом, каждый из продольных стержней изгибается равномерно распределенной нагрузкой, вследствие чего возникают продольные усилия. Суммируя их, получаем управляющее воздействие, создаваемое механической мышцей. На первом этапе выполнен статический расчет, позволяющий выявить зависимость между подаваемым давлением и управляющим усилием.

Работа выполнена в рамках научного направления «Численно-аналитические и качественные методы в задачах нелинейной механики» при финансовой поддержке госбюджетной темы «Фундаментальные исследования» (5.05)

Композитные материалы со множественными трещинами и включениями.

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

**Висбаден, Технический университет*

***Краснодар, Южный научный центр РАН*

syromyatnikov@math.kubsu.ru

Работа посвящена особенностям моделирования композитных материалов посредством конечноэлементных пакетов и с помощью разработанных полуаналитических методов.

В качестве аналитической составляющей работы рассматривается смешанная задача динамической теории упругости для многослойного анизотропного выпуклого тела, содержащего плоские трещины [1]. Системы интегральных уравнений, связывающие скачки напряжений и перемещений на берегах трещин, получены на основании теоремы Бетти. Для случая плоскопараллельных слоев с плоскими трещинами на границах между слоями предлагается численно-аналитический метод построения символа Фурье расширенной матрицы ядра системы интегральных уравнений, устойчивый для произвольной комбинации

непрерывных и разрывных условий на границах слоев. Для ближней зоны разработан экономичный алгоритм приближенного вычисления обратного преобразования Фурье вектора перемещений и напряжений при заданных нагрузках на берегах трещин [2].

Предлагаемые методы расчета напряженно-деформированного состояния композитов сравниваются с конечноэлементными подходами и, в частности, подробно рассматривается техника моделирования с помощью пакета прикладных программ ABAQUS. Этот пакет предоставляет пользователю широкие возможности для проведения как линейных, так и нелинейных расчетов, моделирования таких явлений как расслаивание, образование вздутий на поверхности, разрушения вследствие высоких нагрузок. В высокочастотном диапазоне использование конечноэлементного пакета сопровождается более высокими вычислительными затратами. Были проведены дополнительные исследования с целью создания эффективных конечноэлементных моделей, работающих в этом диапазоне.

Численные примеры приведены для пакета из нескольких разнородных анизотропных слоев, содержащего группу трещин [3].

На основе сравнительных расчетов обсуждаются преимущества и недостатки описанных подходов, а также границы их применимости.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ, программа Юг России, проекты (06-01-96802), (06-01-96803), (06-01-96804), (06-01-96805), (06-05-96806), (05-01-00902), проект НШ-4839.2006.1, программ отделения ЭММПУ и Президиума РАН, выполняемых Южным научным центром РАН.

Литература

1. Бабешко В.А., Ратнер С.В., Сыромятников П.В. Анизотропные тела с неоднородностями; случай совокупности трещин. Изв. РАН, Механика твердого тела, 2007, № 5, С. 49-59.
2. Бабешко В.А., Ратнер С.В., Сыромятников П.В. О смешанных задачах для термоэластостатических сред с разрывными граничными условиями // ДАН 2007, Т. 412, № 6, С. 1-6.
3. Зарецкая М.В., Москвичев С.В., Павлова А.В., Плужник А.В., Ратнер С.В., Сыромятников П.В. О смешанных задачах для многослойных анизотропных материалов со множественными неоднородностями. Экологический вестник научных центров ЧЭС, 2007, № 1, С. 35-42.

Математическое моделирование полуконтактного режима атомно-силового микроскопа с учетом особенности процесса исследования мягких биологических тканей

Карпинский Д. Н., Шишкин А. Н.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

karp@math.rsu.ru

Атомно-силовая микроскопия (АСМ) в настоящее время становится одним из перспективных методов изучения структурных особенностей макромолекул,

поскольку позволяет получать изображения объектов с высоким разрешением, сопоставимым с уровнем рентгеноструктурного анализа, в условиях, при которых макромолекулы не подвергаются жесткой обработке и проявляют свою природную активность. В контактном режиме АСМ сканирует заостренным концом зонда поверхность. При этом режиме возможно смещение или уничтожение мягких биомолекулярных комплексов. Проблемы, возникающие из-за неблагоприятного поверхностного взаимодействия в контактном режиме АСМ, особенно боковых сил, были преодолены разработкой режима динамической атомно-силовой микроскопии, главным применением которого было исследование мягких биологических мембран.

В динамическом режиме АСМ, консоль колеблется на резонансной частоте кантилевера с заданной амплитудой. Взаимодействие вершины зонда микроконсоли с поверхностью исследуемого образца изменяет динамику микроконсоли (амплитуду колебаний, резонансную частоту, фазу), что позволяет создать изображение поверхности образца с наномасштабным разрешением.

Обычно вынужденные колебания микроконсоли АСМ создаются пьезоэлементами, соединенными с ее основанием. Однако этот способ возбуждения колебаний связан с рядом технических трудностей. В [1] предложен бесконтактный метод возбуждения колебаний микроконсоли АСМ с помощью последовательности импульсов лазера, нагревающих одну из боковых граней микроконсоли. В этом случае причиной возникновения колебаний является термоупругая связь материала микроконсоли. Отметим, что связанные термоупругие колебания проявляют затухание в области резонансных частот микроконсоли, которое необходимо учитывать в расчетах при любых способах создания возбуждающей периодической нагрузке.

В работе выполнен расчет собственных колебаний трехмерной термоупругой микроконсоли АСМ и ее АЧХ под действием последовательности лазерных импульсов. Результаты расчетов собственных частот консоли с учетом термоупругой связи и без нее показали, что они заметно отличаются друг от друга. Обсуждаются формы собственных колебаний, которые кроме вертикальных изгибных форм включают боковые изгибные, крутильные и формы растяжения-сжатия.

В расчете АЧХ учтено, что тепловое действие лазерных импульсов описывается не законом теплопроводности Фурье, а более общей его модификацией. Результаты расчета вынужденных колебаний для термосвязанной консоли показали, что последовательность тепловых импульсов вызывает сложное колебание консоли, которое зависит от величины промежутка времени между импульсами, их продолжительностью и формой.

Литература

1. D.Fang, Y.X.Sun, A.K.Soh Analysis of Frequency Spectrum of Laser-Induced Vibration of Micro-beam Resonators // Chin. Phys. Lett., V.23, p.1554-1557, 2006.

Усложненные модели опорно-двигательной системы человека для анализа данных постурографии

Карпинский М. Ю.*, Кизилова Н. Н.**

*Харьков, Институт патологии позвоночника и суставов им. Ситенко

**Харьков, Харьковский национальный университет

nnk_@bk.ru

Постурография является одним из простых и эффективных методов исследования состояния опорно-двигательной, нервной и вестибулярной систем человека. При стандартном клиническом обследовании пациент принимает обычную двухопорную стойку и удерживает ее в течение 30 с. При этом постурограф регистрирует колебания проекции центра масс $X_c(t)$, $Y_c(t)$ тела на горизонтальную плоскость XOY . Кривые имеют сложный характер и методами спектрального анализа можно выделить 3-4 основных гармоники колебаний. В норме частоты колебаний довольно близки, однако существенно меняются при изменении типа стойки и при наличии патологий.

В работе приведены результаты постурографических исследований 20 пациентов с заболеваниями позвоночника (остеохондроз), 20 пациентов с заболеваниями суставов нижних конечностей (коксартроз) и контрольной группы студентов, проведенные на базе лаборатории биомеханики НИИ патологии позвоночника и суставов им.Ситенко (г. Харьков). Набор тестов включал: стандартную двухопорную стойку (1), двухопорную стойку с переносом веса тела на левую/правую стопу (2,3), одноопорная стойка на левой/правой стопе (4,5). Тот же набор затем повторялся каждым пациентом с закрытыми глазами (выключен зрительный анализатор) и при касании стола кончиком пальца (дополнительная точка опоры). Кроме этого, пациенты выполняли сход с платформы вперед с левой/правой ноги. В результате получены наборы динамических кривых $X_c(t)$, $Y_c(t)$, на основе которых рассчитывались траектории перемещений центра масс $Y_c(X_c)$, спектральный анализ и разложение на случайные блуждания и высокочастотный тремор (Zatsiorsky V.M., Duarte M., 1999).

В качестве математической модели рассматривалась многозвенная модель тела человека в виде перевернутого маятника. Колебания в сагиттальной плоскости (вперед-назад) описываются маятником, состоящим из 5 последовательных звеньев. В отличие от стандартной модели 3-звенного маятника (голень, бедро, туловище), в нашей модели учтены 3 звена туловища (поясничный, грудной и шейный отделы), что позволяет исследовать влияние остеохондроза того или иного отдела на подвижность соответствующего участка и, таким образом, на амплитудно-частотный спектр качаний. Динамика маятника описывается уравнениями Лагранжа относительно углов отклонений соответствующих звеньев от вертикали. В предположении малости углов задача линеаризуется и представляет систему ОДУ 2-го порядка с постоянными коэффициентами.

Для колебаний во фронтальной плоскости (влево-вправо) соответствующие математические модели практически не исследовались ввиду их сложности. Нами рассмотрена многозвенная модель, включающая по 2 звена нижних конечностей, 3 звена туловища и одно поперечное звено, соединяющее тазобедренные суставы. Соответствующая система представлена нелинейными ОДУ 2-го порядка,

решение которой проводилось численно модифицированным методом Ньютона. Значения коэффициентов матриц масс-инерционных и гравитационных характеристик рассчитывались на основе измерений длин сегментов и массы тела и дальнейшего определения масс, моментов инерции и положения центров масс сегментов по приведенным в литературе таблицам (Образцов, 1980). Значения коэффициентов трения в суставах также выбирались по данным литературы, а патологии сустава моделировались увеличением коэффициента трения на порядок, что соответствует ограничению подвижности сустава. Показано, что комбинация разных стоек позволяет проводить эффективную дифференциальную диагностику патологий позвоночника и суставов.

К математической модели эксперимента по растяжению мягких биологических тканей

Карякин М. И.

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

Механические свойства сверхмягких биологических тканей, таких как легкие, печень и мозг, до недавнего времени практически не изучались, поскольку считалось, что они не могут нести механических нагрузок. Однако создание систем управления хирургическими роботами, разработка тренажеров для хирургов и использованием средств «виртуальной реальности», где необходима имитация реакции среды, развитие новых методов регистрации и диагностики, учитывающих деформации сверхмягких тканей, сделало задачу построения их математических и механических моделей весьма актуальной.

Одним из экспериментов по определению механических характеристик любого материала является канонический опыт на растяжение. В случае сверхмягких тканей он может быть реализован лишь для образцов в форме невысоких цилиндров, приклеенных к относительно жестким основаниям. Для моделирования такого сорта экспериментов используется понятие жесткого нагружающего устройства. В этом случае на нижнем торце задается условие жесткой заделки, а на верхнем – условие поступательного смещения торца без изменения его формы. В качестве полуобратного представления такой деформации, как правило, используются соотношения вида

$$R = rf(z), \quad \Phi = \phi, \quad Z = g(z), \quad (1)$$

где r, ϕ, z и R, Φ, Z — цилиндрические координаты в отсчетной и актуальной конфигурациях соответственно, а в качестве модели нелинейно-упругого поведения выбирается двухконстантная модель Муни-Ривлина несжимаемого материала.

Несмотря на распространенность данного подхода его математическая и механическая корректность остается не до конца выясненной. Преобразование (1) не относится к классу универсальных деформаций, поэтому не гарантирует автоматического удовлетворения уравнениям равновесия при изменении упругого

потенциала. Более того, известны примеры определяющих соотношений несжимаемых материалов, когда никаким выбором функций $f(z)$ и $g(z)$ нельзя точно удовлетворить уравнениям равновесия во всем объеме тела. Использование (1) для практически всех известных моделей сжимаемых материалов также приводит к несовместным системам уравнений равновесия. Даже в случае материала Муни-Ривлина, когда решение уравнений равновесия удается построить, возникает проблема с удовлетворением граничных условий на боковой поверхности: они могут быть удовлетворены только в интегральном смысле, но применимость принципа Сен-Венана для подобных задач пока не исследована.

В настоящей работе решение, основанное на полуобратном представлении (1), сравнивается с численным решением для трехмерного цилиндра (диска), найденным с использованием МКЭ. Проведенный анализ позволил определить те механические характеристики, которые удовлетворительно описываются на основе (1), и уточнить геометрические ограничения на его использование. Кроме того, описан класс определяющих соотношений, когда несмотря на приближенный характер удовлетворения уравнениям равновесия во всем объеме, кривая «сила-удлинение» может быть построена с достаточно высокой степенью точности.

Интерактивная обучающая среда для лабораторного практикума по механике

Карякин М. И., Толмачёв М. В.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

versusgames@aaanet.ru

В работе описана среда «МехЛаб», предназначенная для создания интерактивных учебных презентаций в игровой форме. Предметной областью среды является механика, а основной задачей — визуализация механических процессов, компьютерная имитация проведения лабораторных работ, организация различных, в том числе нетрадиционных, форм тестирования. В то же время проект позиционируется как дополнительное компьютерное средство для поддержки учебного процесса широкого профиля. Эта широта обеспечивается большой гибкостью как при постановке учебных задач, так и при их реализации. Сеанс «игры», например, может состоять исключительно из визуализации и презентации учебных экспериментов и лабораторных работ, или же включать в себя знакомство с теоретическим материалом, элементы тестирования и решения задач, требующих наличия определенных знаний.

Принципиальное значение имеет простота модификации данной системы для адаптации к новым задачам. Для конфигурирования сеанса используется подпрограмма, позволяющая настроить вид, геометрию, множество событий и объем игрового пространства, которое представляет собой набор логически связанных уровней для исследования игроком, а также определяет сложность материала. Стандартизирован процесс «сборки» из системы из простейших «кубиков» – текстов, изображений, анимаций, интерактивных Flash-роликов и т.д.

Одной из основных особенностей «МехЛаб» является отсутствие необходимости в предустановленном специальном программном обеспечении. Для работы достаточно иметь подключение к сети Интернет и браузер с установленным Flash-плеером. Разработанный сервер регистрации и учета результатов обучаемых обеспечивает широкие перспективы для удаленного тестирования в игровой форме.

В качестве демонстрации возможностей системы будет представлена интерактивная презентация лабораторного практикума, позволяющая пользователю ознакомиться с целями и порядком проведения ряда лабораторных работ по механике материалов.

Об определении потенциала в нестационарной задаче термоэластостатики для тонкостенного элемента

Ковалева В. В.

Ростов-на-Дону, ООО «Техно-Арт»

val@metod.ru

Тонкостенные элементы, обладающие пьезо- и пирозэффектом, лежат в основе функционирования многих измерительных приборов, в том числе, в устройствах медицинской диагностики. Поведение таких элементов описывается системой уравнений связанной термоэластостатики, которая в общем случае достаточно громоздка и малоизучена. На практике часто основной задачей является определение разности потенциалов, наведенной на тонкостенном элементе в результате теплового воздействия.

В работе рассмотрена нестационарная задача термоэластостатики для ленточной пластины. Для корректной постановки задачи использован вариационный принцип термоэластостатики с единым функционалом, а уравнения движения сформулированы в пространстве изображений по Лапласу во времени.

Для определения величины наведенной разности потенциалов используется конечное преобразование Фурье, позволяющее получить передаточную функцию, связывающую электрический потенциал и тепловое воздействие, без определения промежуточных характеристик конструкции. Исследованы свойства передаточной функции, исследованы различные режимы теплового воздействия.

Исследование динамики модели популяционной кинетики с косимметрией

Ковалева Е. С., Цибулин В. Г.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

kate0204@mail.ru

Исследуется модель популяционной кинетики, в которой имеется свойство косимметрии и сильная неединственность решений, проявляющаяся в ответвлении от тривиального равновесия непрерывных семейств стационарных режимов.

Эта модель анализирует взаимодействие трех популяций, совместно обитающих в пределах одного ареала и описывается системой нелинейных параболических уравнений

$$\dot{y} = Ky'' + My' + F(y', y - \hat{y}), \quad (1)$$

где y – вектор плотностей распределения популяций, \hat{y} – вектор средних значений концентраций, точка и штрих – производные по времени t и пространственной координате $x \in \Omega = [0, a]$ соответственно. Матрица диффузионных коэффициентов предполагается диагональной $K = \text{diag}(k_1, k_2, k_3)$.

Межвидовое взаимодействие представлено членом My , который описывает изменение плотности концентрации одного вида под влиянием других. Матрица транспортных коэффициентов M имеет вид

$$M = \begin{pmatrix} 0 & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & 0 & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & 0 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где $m_{i,j}$, $i, j = 1, 2, 3$ – вещественные параметры. Нелинейные члены представляются в форме

$$F(u, v) = CF_0(u, v), \quad (3)$$

где $C = \text{diag}(\eta_1, \eta_2, \eta_3)$,

$$F_0(u, v) = \begin{pmatrix} -3r_2u_1v_1 - 2r_3u_1v_2 + 2r_1u_1v_3 - r_3u_2v_1 + r_1u_3v_1 \\ r_2u_1v_2 - 2r_2u_2v_1 + 3r_3u_2v_2 - 2r_1u_2'v_3 - r_1u_3'v_2 \\ r_2u_1'v_3 + r_3u_2'v_3 + 2r_2u_3'v_1 + 2r_3u_3'v_2 - 3r_1u_3'v_3 \end{pmatrix},$$

коэффициенты $\eta_i, r_i \in R, i = 1, 2, 3$.

Дискретизации правой части уравнения (1) получена на основе разностных операторов второго порядка точности на равномерной сетке, сохраняющих ко-симметрию исходной задачи. Семейства равновесий вычисляются при помощи метода Ньютона, что позволяет рассчитывать как устойчивые так и неустойчивые семейства. Приближение к следующему равновесию находится методом Адамса, направление определяется по ядру матрицы линеаризации.

В численном эксперименте изучены сценарии развития решений при изменении управляющих параметров модели. Проведено исследование ответвления нетривиальных режимов от нулевого равновесия, проанализировано влияние краевых условий на формирующиеся режимы. Исследован переход, при котором получающиеся при однородных граничных условиях косимметричные семейства стационарных решений преобразуются в предельный цикл.

Равновесие упругой сферической оболочки, наполненной тяжелой жидкостью

Колесников А. М.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

alex_kam@yahoo.com

Оболочечные конструкции имеют широкое распространение в качестве резервуаров для жидкостей и газов. Для газов, когда влиянием веса самой конструкции и наполнителя можно пренебречь, одной из оптимальных форм резервуара является сферическая. При такой форме (без учета силы тяжести) резервуар будет оболочкой равного сопротивления, то есть испытывать однородное напряженное состояние. Для таких оболочек можно провести аналогию с капиллярными поверхностями: сферическую форму равновесия имеет капиллярная поверхность, не подверженная действию внешних сил [1].

В случае с жидкостью её вес может играть существенную роль в напряжённо-деформированном состоянии конструкции. Для резервуара, полностью наполненного жидкостью, форма оболочки равного сопротивления совпадает с формой покоящейся на горизонтальной поверхности капли под действием силы тяжести [2].

Для тонкостенных оболочечных конструкций из высокоэластичного материала вес наполняющих жидкостей может оказывать существенное влияние на деформацию. Задача о равновесии тонкостенной трубы, наполненной жидкостью и газом [3] и только жидкостью под давлением [4, 5], в рамках безмоментной теории оболочек решена аналитически. Для трубы постоянной толщины кругового поперечного сечения напряжения и деформации остаются постоянными вдоль образующей и меридиана. Это позволяет привести уравнения равновесия к форме, совпадающей с частным случаем уравнений равновесия капиллярных поверхностей. Отметим, что уравнения равновесия также могут быть сведены к уравнениям, совпадающим с точными уравнениями колебаний математического маятника.

В текущем исследовании рассматривается задача о равновесии изначально сферической оболочки, наполненной под давлением тяжелой жидкостью и покоящейся на гладкой горизонтальной поверхности. Задача рассматривается в рамках безмоментной теории оболочек. Получена система уравнений равновесия для оболочки переменной толщины из произвольного изотропного несжимаемого материала. Для оболочки постоянной толщины, изготовленной из материала Муни-Ривлина, построены численные решения задачи для некоторых случаев давления и плотностей жидкости.

Литература

1. Финн Р. Равновесные капиллярные поверхности. Математическая теория.: Пер. с англ. М.: Мир, 1989, 312 с.
2. Новожилов В. В., Черных К. Ф., Михайловский Е. И. Линейная теория тонких оболочек. Л.: Политехника, 1991, 656 с.

3. Stuart S. Antman, Martin Schagerl. Slumping instabilities of elastic membranes holding liquids and gases // International Journal of Non-Linear Mechanics, 2005, Vol. 40, P. 1112-1138.

4. Колесников А. М. Равновесие упругой цилиндрической трубы, заполненной тяжелой жидкостью // Труды III всероссийской школы-семинара «Математическое моделирование и биомеханика в современном университете». 28 мая — 1 июня 2007 г.

5. Колесников А. М. Равновесие горизонтальной эластичной трубы с тяжелой жидкостью // Экологический вестник научных центров ЧЭС, 2008, № 1, С. 45-54.

Контактное взаимодействие упругих тел с учетом трения, тепловыделения и наличия дефектов, как модель трибосистемы с усложненными свойствами

Колосова Е. М.* , Чебаков М. И.**

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

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

a_lena_ch@mail.ru

В работе изучено влияние наличия трения, тепловыделения от трения, дефектов (трещины и включения) в приповерхностных слоях на напряженно-деформированное состояние трибосистемы «колесо-рельс». Учитывая сложность исследуемого объекта и сложность происходящих в нем процессов, в качестве математической модели рассмотрена плоская задача термоупругости о контактном взаимодействии полукруга (колеса) и полосы (рельса). Колесо находится под действием вертикально и горизонтально приложенных сил, в зоне контакта имеют место силы кулоновского трения, причем величина горизонтально приложенной силы равна произведению вертикально приложенной силы и коэффициента трения. Нижняя грань полосы предполагается закрепленной, а верхняя грань вне зоны контакта свободна от напряжений. Границы полукруга также свободны от напряжений вне зоны контакта, при этом полукруг в процессе взаимодействия перемещается поступательно. Далее предполагается, что в зоне контакта образуются тепловые потоки, направленные в сторону полосы и полукруга и пропорциональные касательным напряжениям и коэффициентам теплопроводности материалов упругих полосы и полукруга. Вне зоны контакта на поверхности полосы и полукруга задается теплообмен с окружающей средой с коэффициентом теплообмена, соответствующего теплообмену между сталью и воздухом. При усложненной постановке задачи предполагается также, что в окрестности точки первоначального касания в полосе горизонтально расположены единичная трещина или включение, а в полукруге имеются трещины, выходящие на поверхность под различными углами к поверхности.

Для решения поставленной задачи используется метод конечного элемента. На основе пакета ANSYS на языке APDL разработаны программные модули, позволяющие исследовать поставленную задачу. Здесь при расчете термонапряженного состояния задачи не использовались связанные элементы (coupled field

elements) и расчет выполнялся в два этапа: сначала применялись температурные конечные элементы PLANE77 для расчета температурного состояния, а затем вычисленные тепловые поля передавались элементам PLANE82 плоского напряженно-деформированного состояния теории упругости с температурными напряжениями. В соответствии с методологией конечно-элементного решения контактных задач при построении сетки конечных элементов обеспечивалось сгущение разбиения в предполагаемой зоне контакта. На линии предполагаемого контакта слоя автоматически формировались контактные конечные элементы CONTA175, а на линии предполагаемого контакта полукруга – ответные контактные элементы TARGE169.

Были проведены расчеты величин контактных напряжений, величины эффективных напряжений в зоне контакта, а также диаграммы распределения температуры и эффективных напряжений во внутренних областях. Дан анализ полученных результатов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 08-08-00853, 08-08-00873, 05-08-18270)

Конечно-элементное моделирование контактного взаимодействия в двухслойных цилиндрических и сферических шарнирах

Колосова Е. М., Чебаков М. И.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

chebakov@math.rsu.ru

В настоящее время современные цилиндрические и сферические подшипники скольжения все чаще выполняются из комбинированных или композиционных материалов, что позволяет достаточно успешно сочетать в едином триботехническом узле жесткость и прочность формообразующей основы с низким трением и высокой износостойкостью полимерного композиционного материала. Важнейшим этапом при проектировании и расчете подшипника является анализ прочности и жесткости его конструкции, прежде всего в рабочей контактной зоне.

В качестве расчетных моделей для цилиндрического и сферического подшипников скольжения рассматриваются контактные задачи теории упругости о взаимодействии жесткого цилиндра с внутренней поверхностью двухслойного цилиндрического основания в плоской и пространственной постановках и осесимметричная контактная задача о взаимодействии жесткого шара с двухслойным сферическим основанием. Предполагается, что слои оснований имеют различные упругие постоянные, жестко соединены между собой, внешние поверхности слоев закреплены. В пространственном случае считается, что торцы цилиндрического подшипника свободны от напряжений. Для решения задач применен метод конечных элементов с использованием пакета ANSYS и его командного языка программирования APDL. Проведен расчет контактных напряжений, величины зоны контакта, эффективных напряжений при различных материальных и геометрических параметрах слоев подшипников. Проведен комплекс расчетов для

плоской и осесимметричной задачи, в частных случаях наблюдается приемлемое совпадение с результатами, полученными аналитическим методом. Методика исследования и ее результаты могут быть использованы при анализе аналогичных задач о контактном взаимодействии биомеханических систем.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 08-08-00873, 06-08-01257)

Использование суперкомпьютера СКИФ в дистанционном образовании

Кочуров В. А.*, Напрасников В. В.*, Скалиух А. С.**

** Минск, Белорусский национальный технический университет*

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

`soloviev@math.rsu.ru`

«СКИФ К-1000» — модульная система, которую можно легко масштабировать как в сторону меньшей, так и большей производительности, вплоть до 15 терафлоп. 288 2-х процессорных узлов в конструктиве 1U занимают 8 стандартных 19” шкафов. Узлы «СКИФ К-1000» соединены тремя сетями: системной сетью InfiniBand, вспомогательной Gigabit Ethernet и сервисной сетью ServNET2.0.

На кластерах «СКИФ К-500» и «СКИФ К-1000» установлена свободно распространяемая версия системы управления заданиями PBS — Torque, основанная на известной системе OpenPBS. В качестве планировщика заданий используется также свободно распространяемая система Maui.

Система управления заданиями PBS (Portable Batch System — Переносимая Пакетная Система) — это пакет управления системными компьютерными ресурсами и группами заданий, позволяющий повысить эффективность загрузки вычислительных ресурсов, уменьшая их простой. PBS принимает группы заданий, сохраняет и защищает задание до запуска, запускает задание, возвращает результаты работы приложения пользователю.

Для обеспечения удаленного доступа к суперкомпьютерным конфигурациям «Скиф», возможности обмена данными между участниками проектирования и для визуализации результатов проектирования и моделирования на персональном компьютере необходимо установить и настроить следующее прикладное программное обеспечение:

- 1) утилиту `putty` для защищенного терминального доступа к UNIX-хосту и вспомогательную программу `pscp` к `putty` для обеспечения безопасного копирования;
- 2) менеджер файлов Total Commander с `sftp` плагином для удаленного копирования файлов;
- 3) пользователь должен иметь учётную запись (аккаунт) на суперкомпьютерной системе;

4) на управляющей машине суперкомпьютера для работы с пакетом LS-DYNA должны быть созданы следующие директории:

- /home/user/lldyna/results/
- /home/user/lldyna/results/demo

5) программу пре-постпроцессинга LSPREPOST пакета LS-DYNA.

В докладе излагается последовательность подготовки конкретной учебной модели в среде NASTRAN и дальнейшей ее конвертации в модель LS-DYNA. Приводятся результаты моделирования.

Устойчивость вихревых конфигураций

Куракин Л. Г.

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

Работа посвящена проблеме устойчивости стационарного вращения системы n одинаковых точечных вихрей, расположенных в вершинах правильного n -угольника радиуса R_0 внутри круговой области радиуса R с общим центром симметрии. Т. Х. Хавелок установил (1931 г.), что соответствующая линеаризованная система имеет экспоненциально растущие решения, когда $n \geq 7$, или, если параметр $p = R_0^2/R^2$ больше некоторой критической величины ($p_{*n} < p < 1$) при $2 \leq n \leq 6$. В данной работе задача устойчивости исследована в точной нелинейной постановке во всех остальных случаях $0 < p \leq p_{*n}$, $n = 2, \dots, 6$. Указаны необходимые и достаточные условия устойчивости и неустойчивости при $n \neq 5$. Для вихревого пятиугольника остался неясным ответ об устойчивости для множества значений параметра p меры нуля. Часть условий устойчивости обоснованы тем, что относительный гамильтониан системы на траектории стационарного движения вихревого n -угольника достигает минимум. Особого подхода потребовал случай его знакопеременности при $n = 3, 5$. Для его анализа применены результаты КАМ теории. Перечислены и исследованы все встречающиеся здесь резонансы до четвертого порядка включительно. Оказалось, что два из них приводят к неустойчивости.

Программируемая дискретизация вариационных уравнений с использованием принципов компиляторов

Курбатова Н. В.

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

Вариационные формулировки оптимизационных задач независимо от выбираемой предметной области имеют общую логику дискретизации, например, с помощью конечно-элементных схем.

Сложность задач может варьироваться и определяться числом полевых характеристик, свойствами оптимизируемого функционала, а также введением

неузловых неизвестных, которые составляют сущность гибридных модификаций.

Целью дискретизации является получение элементов локальных матриц, ансамблирование которых приводит к конечномерному аналогу исходного вариационного уравнения (ВУ). Получать аналитические выражения для элементов таких матриц — задача весьма непростая, она скорее напоминает итерационный процесс использования метода «проб и ошибок», который, как известно, не является безусловно сходящимся :-).

Решение проблемы состоит из двух этапов.

На первом, искомые функции в ВУ замещаются линейной комбинацией базисных функции и узловых неизвестных, которые в отличие от традиционных подходов являются не скалярами, а функциями переменной, не имеющей физического смысла. В результате варьирование в ВУ заменяется дифференцированием по введенной переменной и таким образом получение блоков локальных матриц сводится к программированию серии инструкций в символьном ядре пакета MatLab.

На втором этапе для получения программируемых кодов и используются принципы компилятора.

Упрощенная схема работы алгоритма может быть представлена следующим образом: компилятор получает программу на входном языке, анализирует коды на наличие ошибок, анализирует лексемы и объединяет их в «предложения», генерируя коды выходного языка.

В нашем случае на первом этапе исключен «человеческий фактор», поэтому без ущерба для сущности задачи этап анализа ошибок элиминируется.

На втором этапе в процессе анализа осуществляется поиск лексем, которые составляют сущность исходного языка L_1 , и в результате аккумуляции лексем в смысловые единицы и преобразования осуществляется построение программируемых кодов из L_2 , т. е. некоторого эффективного отображения: $\beta : L_1 \rightarrow L_2$.

Предлагаемые алгоритмы использованы для дискретизации задачи Сен-Венана изгиба перерезывающей силой естественно-закрученного стержня.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 07-01-00254.

О некоторых результатах конечноэлементного исследования задачи Сен-Венана для ЕЗС при чистом изгибе

Курбатова Н. В., Романова Н. М.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

kuznet_n@mail.ru

В работе, на основе построенного решения Сен-Венана задачи чистого изгиба [1] естественно-закрученного стержня (ЕЗС) методом конечного элемента (МКЭ) [2], был проведен анализ сходимости в зависимости от числа элементов, а также построено деформированное состояние сечения ЕЗС с анализом распределения напряжений. В результате исследования был проведен сравнительный анализ

величины напряжений в зависимости от величины крутки (τ) при изменяющейся координате положения сечения вдоль стержня.

Были выявлены особенности напряженного состояния сечения, которое с ростом τ характеризуется локализацией постоянного напряжения внутри круга, вписанного в сечение стержня. При прямоугольном сечении диаметр такого круга совпадает с длиной меньшей стороны. В качестве гипотезы такое поведение было описано в работе [3] и объясняется тем, что при больших значениях крутки топология ЕЗС совпадает с круговым цилиндром.

Качественная картина деформаций ЕЗС при малых τ совпадает с незакрученным призматическим стержнем, об этом свидетельствуют серии расчетов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (07-01-00254) и Южного федерального университета.

Литература

1. Устинов Ю.А. Задачи Сен-Венана для псевдоцилиндров. М.: Физматлит, 2003, 125 с.
2. Курбатова Н.В., Романова Н.М. Конечно-элементное решение задачи изгиба для естественно-закрученного стержня.// Труды IX Международной конференции «Современные проблемы механики сплошной среды», 11-15 октября 2005 г. Ростов-на-Дону, Изд. «ЦВВР» Т. 1, с. 123-126.
3. Бердичевский В.Л., Старосельский Л.А.. Изгиб, растяжение и кручение естественно-закрученных стержней //ПММ. 1985, Т. 49, Вып. 6, С. 978-991.

О реконструкции расслоений и разрывов в слоистых композитах.

Курбатова П. С.* , Сапрунов Н. И.* , Соловьев А. Н.** ,
Спожакин А. С.**

* Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

** Ростов-на-Дону, Донской государственный технический университет
soloviev@math.rsu.ru

Рассматривается комплекс проблем определения поврежденности слоистых композиционных материалов (расслоения, и разрывы слоев), а также технологических дефектов (возникновение полостей, нарушение регулярности слоев), которые могут быть отнесены к обратным геометрическим и коэффициентным задачам теории упругости и вязкоупругости.

В работе предложены методы реконструкции дефектов в слоистых материалах, таких например, как армированные стекловолокном полимеркомпозиты, используемые в авиастроении. Первая группа этих методов основана на решении ряда систем неклассических ГИУ, полученных на основе теорем взаимности и анализа структуры напряженно деформированного состояния конструкции вблизи интерфейсных границ, также анализе диссипации энергии вблизи дефектов и в особенности зонах концентрации напряжений при этом дополнительной информацией для решения обратных задач будет служить поле смещений и поле

температур, измеренные на свободной границе тела при гармонических воздействиях на него. Вторая группа методов опирается на уже разработанные генетические алгоритмы минимизации неквадратичных функционалов невязки между измеренными и рассчитанными динамическими характеристиками такими, как спектр собственных частот (частотное зондирование), волновое поле смещений или ускорений на части границы тела (позиционное зондирование), такие подходы позволят определять не только возможные эксплуатационные дефекты – трещины и расслоения, но также неоднородности, возникающие на этапе изготовления конструкции, например, в процессе полимеризации эпоксидного связующего в полимеркомпозите. Отличительной особенностью предлагаемых подходов это их сочетание с конечно-элементными пакетами, такими как ACELAN, COMSOL, Simulink MatLab и др. И наконец в третьей группе методов связана с разработкой принципов и архитектуры нейронных сетей с помощью которых возможен мониторинг поврежденности и ресурса конструкции из слоистых материалов в рабочем состоянии конструкции.

Эволюционно-устойчивые стратегии поведения

Лихтанская Н. В., Сурков Ф. А.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

sur@gis.rsu.ru

В научной литературе не ослабевает интерес к моделям популяционной динамики. Часто бывает полезным проследить стратегию поведения особей, составляющих ту или иную популяцию, в процессе эволюции. Например, стратегии, используемые животными в конфликтах между собой. Это может быть борьба за территорию, или источник питания, или какой-либо иной вид соревнования. В таких случаях полезно определить, какая из стратегий поведения будет наиболее «выгодна» и устойчива в процессе эволюции.

Чрезвычайно богатым по содержанию оказалось в математической экологии понятие эволюционно-устойчивой стратегии, введенное в 1974 году Мэйнардом Смитом в статье «Теория игр и эволюция конфликтов животных» («The Theory of Games and Evolution of Animal Conflicts»). Это определение, данное в основном из биологических соображений, наполнилось богатым математическим содержанием и дало начало идеологии эволюционно-устойчивых стратегий (ЭУС) и эволюционных игр. За пионерской статьей Мэйнарда Смита последовал большой цикл работ, с одной стороны, развивающий эту идеологию, а с другой, подвергающий ревизии некоторые ее положения. Частным случаем является поведение людей, что обуславливает большой интерес к этой проблеме со стороны ученых-социологов.

Сложившаяся ситуация сделала насущной проблему создания модели некоторой условной популяции с действующим в ней механизмом эволюции. Так как в упомянутых работах выводы делались исходя из определения ЭУС, не содержали механизма эволюции стратегий и не отражали динамику установления ЭУС в популяции, достаточно актуальным стало определение этого механизма и создание модели эволюционирующей популяции. При этом наибольший интерес

представляет поведение модели имитационной, т.е. созданной, исходя из рассуждений биологического характера, а не из определения, данного Мэйнардом Смитом.

Именно независимость механизма эволюции стратегий от определения и близость его к реальности является залогом объективности такой модели и дает возможность использовать этот искусственный эволюционный отбор для самых разнообразных экспериментов с условной популяцией.

Описываются и обсуждаются несколько таких экспериментов. Часть из них связана с проверкой с помощью действующего в рамках условной популяции эволюционного отбора основных теоретических выводов идеологии ЭУС, сделанных Мэйнардом Смитом. Другая часть посвящена тем выводам Мэйнарда Смита, которые оспариваются его оппонентами. Целью этих экспериментов стало выяснение того, как поведет себя искусственная популяция в условиях, ставших предметом научной дискуссии.

Интересные возможности для исследования влияния пространственной протяженности ареалов обитания реальных животных открываются при использовании развитого программного обеспечения геоинформационных технологий (ГИС-технологий). Можно представить себе, что в каждой элементарной ячейке некоторой пространственной области происходит реализация игры (конфликта) особей некоторой популяции (подобной широко известной игре Джона Конвея «Жизнь»). Эксперименты показывают, что на пространственно-распределенные системы не распространяются выводы, справедливые для точечных систем эволюционирующих популяций.

Математическое моделирование транспортных и ростовых процессов в корнях растений

Логвенков С. А.*, Штейн А. А.*, Юдина Е. Н.**

**Москва, Институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова*

***Москва, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова*
logv@bk.ru

Одной из ключевых задач биомеханики является проблема описания транспортных и ростовых процессов в различных биологических объектах. Работа по исследованию таких процессов в растениях была начата с построения модели растущей неспециализированной растительной ткани как трехфазной сплошной среды, состоящей из твердой фазы (клеточные стенки) и двух жидких фаз (внутриклеточной и внеклеточной) с распределенным в них обобщенным химическим компонентом. Модель учитывает необратимое деформирование твердой фазы, активный межфазный транспорт растворенного вещества и осмотический обмен водой между фазами. Полученная общая модель использовалась при описании поглощения воды корнями растений и роста корней.

Была рассмотрена задача об осесимметричном радиальном стационарном течении жидкости из внешней среды к сосудам ксилемы, расположенным в центральной части корня, по которым осуществляется подъем воды в другие части

растения. Учитывались гипотеза о существовании активных ионных насосов, расположенных в мембранах клеток, примыкающих к внешней границе корня, и присутствие локализованного барьера (поясков Каспари) для перемещения жидкости и солей во внеклеточном пространстве. Выполненные расчеты показали хорошее согласование с данными, полученными в экспериментах.

Чтобы прояснить роль поясков Каспари в создании корневого давления, рассматривалось радиальное течение при отсутствии барьера, перекрывающего внеклеточный путь перемещения жидкости и растворенного вещества. Показано, что в этом случае не удается для краевых условий, соответствующих чисто конвективному уносу растворенного вещества на выходе, получить эффективный механизм осмотической накачки воды из внешней среды. Это указывает на физиологическую значимость поясков Каспари для поддержания наблюдаемых потока жидкости и корневого давления.

Развитие растений характеризуется пространственной локализацией ростовых процессов. В корне они сосредоточены в относительно короткой зоне роста, примыкающей к его кончику. Предложена математическая модель, которая позволяет анализировать участие различных механизмов в формировании такой зоны.

Ткань корня моделируется средой, образованной клеточными стенками и находящейся под давлением внутриклеточной жидкостью (влияние внеклеточной жидкой фазы в этой задаче несущественно). Для материала клеточных стенок принята простейшая модель растущего тела вязкоупругого типа; при этом коэффициент ростовой вязкости считается функцией структурного параметра, имеющего смысл числа эффективных химических связей в единице объема фазы. Изменение структурного параметра подчиняется балансовому уравнению, учитывающему прирост числа связей из-за встраивания нового материала, а также их спонтанное образование и распад, зависящий от осевого напряжения в стенках. Ростовое деформирование считается невозможным по достижении структурным параметром некоторого критического значения. Из решения задачи о стационарном росте корня получена зависимость длины зоны роста от различных управляющих факторов, в частности, от внешней нагрузки. Модель удовлетворительно описывает качественное поведение объекта и согласуется с количественными оценками.

Работа поддержана РФФИ (проект № 08-01-00492) и Государственной программой поддержки ведущих научных школ (проект № НШ-1792.2008.1).

Совместное моделирование процессов деформирования и течения жидкости в глазном яблоке

Любимов Г. А., Моисеева И. Н., Штейн А. А.

Москва, Институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова

moiseeva@imec.msu.ru

Глаз с механической точки зрения представляет собой оболочку, заполненную жидкостями (водянистая влага, стекловидное тело) и содержащую твердотельные структуры (хрусталик и др.). Попытки детального моделирования

этой системы наталкиваются не только на недостаток данных о характеристиках ее элементов, но и на непонимание ряда основных принципов ее организации. Для того, чтобы корректно ставить и решать соответствующие вопросы на современном уровне знания, необходимо формулировать и исследовать достаточно простые модели, в которых существенными оказываются прежде всего интегральные характеристики объекта. Предложена и проанализирована модель с сосредоточенными параметрами, учитывающая как основные характеристики течения водянистой влаги, так и упругие свойства фиброзной оболочки. Модель устроена таким образом, что создает возможность исследования различных конкретных гипотез об организации притока и оттока жидкости, а также о механических характеристиках оболочки. Учитываются активный транспорт растворенных веществ и осмотический перенос воды из капилляров цилиарного тела в заднюю камеру и гидравлическое сопротивление выводящих путей. Предполагается, что к роговице глаза может быть приложена внешняя нагрузка, что позволяет использовать модель при анализе принятых в офтальмологии измерительных процедур (тонометрия, тонография и др.).

На основе имеющихся экспериментальных и анатомических данных выполнены оценки входящих в модель параметров. Показано, что рассмотренные механизмы достаточны для поддержания реализуемых в глазу человека характеристик стационарного течения. Выполнено сравнение характерных времен, присутствующих в системе. В очень быстрых процессах, длящихся несколько секунд (например, при тонометрии), течение не успевает перестроиться, тогда как при времени нагружения порядка нескольких минут (скажем, при тонографии) нестационарность оказывается существенной. Механизм перестройки течения в этом случае определяется взаимодействием гидравлических и упругих характеристик системы. Вместе с тем, при еще больших временах важна перестройка негидравлического (осмотического) компонента притока, которая, в частности, приводит к увеличению скорости притока в ответ на возрастание сопротивления оттоку. Это один из возможных механизмов частичного компенсаторного восстановления расхода водянистой влаги, «платой» за которое оказывается возрастание внутриглазного давления.

Предложенная модель содержит ряд неизвестных функций, определяющих упругий отклик системы, сопротивление выводящих путей и т.д., которые из имеющихся данных могут быть оценены только в первом приближении. Экспериментальное и теоретическое определение этих функций — предмет дальнейших исследований. Приведены примеры соответствующих расчетов.

Работа поддержана РФФИ (проект № 08-01-00492) и Государственной программой поддержки ведущих научных школ (проект № НШ-1792.2008.1).

Индивидуум-ориентированное моделирование биологических систем

Мазурицкая А. М., Тютюнов Ю. В.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

Almaz@math.sfedu.ru

Любые популяции существуют во взаимодействии с окружением. Взаимодействия принято разделять на трофические (когда один из видов питается другим видом) и топические (взаимодействия между видами одного трофического уровня). В популяционной динамике принято классифицировать взаимодействия по их результатам. Наиболее распространенными и хорошо изученными являются взаимодействия конкуренции (когда численность каждого из видов в присутствии другого растет с меньшей скоростью), симбиоза (когда виды способствуют росту друг друга) и типа хищник-жертва или паразит-хозяин (когда численность вида-жертвы в присутствии вида-хищника растет медленнее, а вида-хищника — быстрее).

Существует много важных аспектов экологии хищника и жертвы, которые в модели хищник-жертва не учтены и при описании любой конкретной ситуации требуется построение более подробной модели, чаще всего имитационной, и необходима большая работа по идентификации параметров такой модели.

Индивидуум-ориентированные модели — это имитационные модели, выделяющие наиболее характерные поведенческие свойства реальных организмов, и использующие их в качестве правил локального взаимодействия элементов. В индивидуум-ориентированных моделях, характеристические параметры отдельных индивидуумов отслеживаются в течение итерационной процедуры моделирования (представляющей собой течение времени). Именно это отличает индивидуум-ориентированные модели от классических (аналитических) моделей, которые оперируют усредненными по популяции значениями характеристических параметров.

Индивидуум-ориентированное моделирование — относительно молодое направление в популяционном моделировании. Первые работы в этой области появились в 80-х годах XX века.

Индивидуум-ориентированное моделирование дает возможность описывать следующие свойства моделируемого объекта (особенно важные для популяционного моделирования):

- учет пространственных аспектов
- учет преобразований энергии, вещества и информации
- учет социальных аспектов
- учет индивидуальных особенностей

Описание возможно на различных уровнях детализации:

- пространственно-временной масштаб, число описываемых классов индивидуумов (популяций)

Подходы индивидуального моделирования в настоящее время активно используются в биолого-экологическом моделировании.

Например, существуют такие модели как:

- модель популяции большого окуня
- программа ComrMesh
- программа государственного университета Гумбольта
- модель популяции пумы
- модель популяции оленя
- модель популяции термитов
- модель леса

Однако, прежде всего, необходимо убедиться, что индивидуум-ориентированное моделирование действительно необходимо использовать для решения задачи. Индивидуум-ориентированные модели сложнее в реализации и идентификации и требуют большего объема вычислений, чем аналитические модели. Поэтому если решение задачи возможно с использованием аналитических моделей, вряд ли имеет смысл обращаться к индивидуум-ориентированным подходам.

Существуют признаки, свидетельствующие о том, что разработка индивидуум-ориентированной модели оправдана:

- данные реальных наблюдений исследуемых параметров отсутствуют, либо их недостаточно для идентификации аналитической модели
- необходим учет пространственных аспектов
- необходим учет социальных механизмов популяции, индивидуальных различий особи, обучения
- аналитические модели для решения задачи не разработаны либо работают неудовлетворительно.

Также следует быть готовым при необходимости внести в модель соответствующие изменения.

Осевое растяжение нелинейно-упругого параллелепипеда

Майорова О. А.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

may_libra@mail.ru

Рассмотрены различные постановки нелинейной задачи об осевом растяжении прямоугольника или прямоугольного параллелепипеда, в качестве модели материала которого использована пятиконстантная модель Мурнагана. Генерирование краевых задач равновесия осуществлено с помощью пакета аналитических вычислений Maple. Численное решение задачи о деформации параллелепипеда, жестко заземленного по нижнему основанию, выполненное в среде конечно-элементного анализа FlexPDE, сравнивается с аналитическим решением в случае аффинной деформации, вызванной распределенной по торцам нагрузкой. Для различных значений материальных параметров построена диаграмма нагружения. Показана возможность немонотонного характера этой диаграммы в широком диапазоне изменения мурнагановских констант. Исследована зависимость характеристик падающего участка диаграммы от геометрии образца и граничных условий.

Распространение волн в цилиндрических оболочках с вязкой жидкостью

Марасулов А. *, Сафаров И. И. **, Тешаев М. Х. **

* *Туркестан, Казахстан, Международный Казахско-турецкий университет*

** *Бухара, Узбекистан, Бухарский технологический институт пищевой и легкой промышленности*

safarov54@mail.ru

Под влиянием механических воздействий в биомеханических тканях, органах и системах появляется механическое движение, распространяются волны, возникающие при деформациях и напряжениях. Движение крови в артериях моделируется как движение вязкой жидкости в цилиндрических оболочках. Исследование закономерностей волновых процессов в волноводах является одной из наиболее актуальных задач современной теории волн. Ряд специфических особенностей распространения волн в цилиндрах с вязкой жидкостью описан в [1]. Изменение характера диссипативных свойств существенно влияет на вязкие характеристики материала. При этом применяется общее решение лианеризованных уравнений Навье-Стокса для вязкой несжимаемой жидкости [1]. Для описания процесса движения оболочки используются уравнения, полученные с использованием гипотезы Кирхгофа-Лява. При этом полагаем, что внешняя поверхность цилиндра свободна от напряжений, а внутри выполняются условия прилипания.

Из условия существования нетривиального решения однородной алгебраической системы уравнений получается дисперсионное уравнение, которое определяет комплексную, фазовую скорость волн как неявную функцию частот и параметров модели оболочки. Дисперсионное уравнение решается численно методом Мюллера [1, 2].

Установлено, что коэффициенты скорости затухания, зависящие от волновых чисел, являются немонотонными.

Литература

1. Сафаров И. И., Базаров М.Б., Шокин Ю.Н. Численное моделирование колебаний диссипативно-неоднородных и однородных механических систем, Новосибирск, Сибирск. отд. РАФ, 1996, 189 с.
2. Сафаров И. И. Колебания и волны в диссипативно-неоднородных средах и конструкциях. Ташкент: Фан, 1992-250 с.

Учебные возможности языка PascalABC.NET

Михалкович С. С., Ткачук А. В.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

miks@math.rsu.ru

Язык PascalABC.NET (сайт <http://pascalabc.net>) разрабатывается для учебных целей как современная реализация языка Object Pascal. Обладая высокой

совместимостью с Delphi Object Pascal, язык PascalABC.NET включает множество новых возможностей, нацеленных на эффективное обучение современному программированию.

Далее рассматриваются основные новые возможности языка PascalABC.NET, а также описывается, как данные возможности позволяют усовершенствовать учебный процесс.

1. Описание переменной в заголовке цикла. Локализует описание переменных, делая невозможными ошибки, связанные с использованием значения параметра цикла после выполнения цикла.

2. Внутриблочные описания переменных. Позволяют не замусоривать секцию описания глобальных переменных, а вводить новые переменные по мере необходимости в коде алгоритма.

3. Автоопределение типа переменной при инициализации. Позволяет упростить описание переменной с инициализацией:

```
var i := 1; L := new List<integer>;
```

4. Цикл `foreach`. Делает более естественной итерацию по контейнеру элементов. Имеет единую форму как при итерации по массивам, так и при итерации по спискам, словарям и множествам.

5. Множества на базе произвольных типов. Позволяют существенно расширить круг решаемых учебных задач.

6. Обобщенные типы и подпрограммы. В первую очередь упрощают создание контейнеров элементов произвольных типов: `Dictionary<string,integer>`, `List<Pair<real,real>`.

7. Независимость от порядка объявления методов. Делает в отдельных случаях удобным определение методов в теле класса.

8. Все типы – классы. Упрощает восприятие классов при обучении.

9. Процедура `write` может выводить любые типы. Упрощает решение стандартных задач (вывод множества, записи). Для вывода значений объектов произвольного класса с помощью процедуры `write` следует переопределить метод `ToString` этого класса.

10. Перегрузка операций. Позволяет разрабатывать классы с операциями, закрепляя определение класса как абстрактного типа данных с набором операций.

11. Сборка мусора. Кардинально меняет методику обучения контролю за распределением памяти. Делает указатели практически ненужными, заменяя их ссылками на объекты классов. Ликвидирует проблемы, связанные с утечками памяти и необходимостью вовремя вызывать деструкторы.

12. Совместимость с другими .NET-языками. Позволяет совмещать в процессе обучения несколько .NET-ориентированных языков программирования. В частности, позволяет реализовывать библиотеку на PascalABC.NET, а использовать ее в программах на C# и VB.NET.

13. Возможность использовать библиотеки .NET-классов. Позволяет использовать классы на ранних ступенях обучения. Особенно это эффективно при решении всевозможных задач с использованием контейнеров (стеков, очередей, списков, динамических и ассоциативных массивов).

Модернизация конечноэлементного комплекса ACELAN.

Надолин Д. К.

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

В работе рассмотрены вопросы модернизации управляющей оболочки конечноэлементного комплекса ACELAN, предназначенного для решения задач статики и динамики упругих и электроупругих тел контактирующих с акустическими средами. Со времени создания комплекса в нем разработаны новые модули: поляризации пьезокерамики, оптимизационный блок, модуль решения контактных задач, моделирование нерегулярных композиционных материалов, решение 3D задач для тел обобщенной цилиндрической формы. Для использования этих модулей в комплексе потребовались разработки новых команд и интерфейсов. В работе приводятся примеры решения перечисленных задач.

Моделирование зубного моста на основе метода конечных элементов

Напрасников В. В.* , Напрасникова Ю. В.* , Соловьев А. Н.**

** Минск, Белорусский национальный технический университет*

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

n_v_v@tut.by

При протезировании мостовидными протезами с двусторонней опорой исключается рычагообразное действие искусственных зубов. Функциональная нагрузка распределяется на оба зуба, в основном вдоль их продольных осей, поэтому она менее опасна для пародонта. Ошибки, допускаемые при этих конструкциях, состоят в перегрузке пародонта большим числом искусственных зубов при малом количестве опорных и неправильной оценке состояния уже ослабленного пародонта.

Известно, что мостовидные протезы качественно перестраивают зубочелюстную систему. Как показывают данные клинического и лабораторного исследования функционального состояния зубных рядов и пародонта опорных зубов и зубов-антагонистов, мостовидные протезы оказывают лечебное действие: восстанавливают зубные ряды и предохраняют их от дальнейшего разрушения. С другой стороны, опорные зубы, находящиеся под мостовидным протезом, воспринимают всю нагрузку, падающую как на опорные зубы, так и на тело мостовидного протеза от зубов-антагонистов. При врачебной ошибке в выборе числа опорных зубов в виде стабилизации мостовидные протезы разрушают зубочелюстную систему — страдают опорные зубы и зубы-антагонисты мостовидного протеза.

В излагаемом подходе разработана параметрическая геометрическая модель моста. Построена конечноэлементная 3d-модель зубного моста, на ее основе и выполнен анализ напряженно-деформированного состояния моста при нагрузке его

поверхности. Исследовано распределение напряжений при различных нагрузках зубного моста. При критической нагрузке, приложенной к середине моста, наблюдается повышенное напряжение в областях основания корней и в месте приложения нагрузки, и возникает достаточно сильная деформация моста.

При нагрузке, приложенной ближе к премоляру, наблюдается повышенное напряжение именно в той области, к которой приложена нагрузка, с возможностью разрыва моста.

Напряжение, испытываемое корнями опорных зубов, не увеличивается. Деформация объекта незначительна.

Моделирование пористых пьезоэлектрических материалов различного типа связности и расчет ультразвуковых пьезоизлучателей для медицинских применений

Наседкин А. В.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет

nasedkin@math.rsu.ru

Пористые пьезокерамические материалы в последние годы привлекают все большее внимание для использования в ультразвуковых пьезопреобразователях для медицинских приложений. Основным преимуществом пористых пьезокомпозиатов по сравнению с обычной плотной пьезокерамикой являются их низкий акустический импеданс и высокая эффективность по ряду параметров. В большом числе практических применений пористые пьезокерамические материалы могут рассматриваться как однородные с эффективными модулями.

В первой части работы развивается подход, основанный на методах эффективных модулей, моделировании представительных объемов и применении конечно-элементных технологий. Рассмотрены теоретические аспекты метода эффективных модулей для неоднородных пьезоэлектрических сред. Выделены четыре статические задачи электроупругости для представительного объема, позволяющие находить эффективные модули неоднородного пьезоэлектрического тела. Для этих задач указаны виды граничных условий, позволяющие по удобным формулам вычислить полный набор эффективных модулей электроупругой среды с произвольным классом анизотропии. Обсуждены результаты конечно-элементных расчетов эффективных модулей для различных вариантов представительных объемов: кубический объем пьезокерамики с кубической порой; эллипсоидальный объем с эллипсоидальной порой; кубический объем, равномерно разбитый на меньшие кубические объемы, часть из которых случайным образом объявлена порами; кубический объем, разбитый на меньшие кубические объемы различных размеров, часть из которых случайным образом объявлена порами; модели кластерного типа 3-0-3-3 и 3-3 связностей. Разработанная модель 3-3 связности кластерного типа оказалась пригодной для исследования сильно пористых структур. Данные исследования позволяют рекомендовать модель 3-3 связности для расчета эффективных свойств пористых пьезокомпозиатов в широком диапазоне изменения пористости. В качестве усложнения предложенных

моделей было рассмотрено предположение о неравномерной поляризации пьезо-керамического материала с порами.

Во второй части работы для моделирования пьезоэлектрических материалов с пустотами предлагается новая математическая модель, обобщающая известную модель электроупругой среды с демпфирующими свойствами и модель Ковина-Нунзиато упругой среды с пустотами. Эффективность данной модели и конечно-элементных аппроксимаций продемонстрирована на примере анализа фокусирующего сферического пьезоизлучателя из пористой пьезокерамики, нагруженного на акустическую среду. С использованием конечно-элементной техники определены рабочие резонансные частоты толщинных колебаний, проведено уточнение предварительно рассчитанных эффективных модулей по обобщенной модели Ковина-Нунзиато и экспериментальным данным, вычислены амплитудно-частотные характеристики свободного и нагруженного пьезоизлучателя и определена фокальная зона при нагрузке на акустическую среду на резонансной частоте.

Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

О реконструкции коэффициента теплопроводности неоднородного стержня

Нестеров С. А.

Таганрог, ИП Мочалова Н. Б.

1079@list.ru

Большое практическое значение имеет задача определения закона изменения коэффициента теплопроводности неоднородных материалов, широко применяемых в различных теплозащитных конструкциях. В данной работе предложен быстрый и точный метод восстановления коэффициента теплопроводности неоднородного по длине стержня, на торцах которого заданы смешанные граничные условия, которые легко реализовать экспериментально.

При решении прямой задачи используется подход, изложенный в [1]. Вначале переходят к безразмерному виду и после применения преобразования Лапласа задача сводится к интегральному уравнению Фредгольма второго рода. Значения температуры на торце стержня определяют путем численного решения интегрального уравнения на основе квадратурной формулы трапеций и обратного преобразования Лапласа на основе теории вычетов. Численное вычисление вычетов осуществлялось на основе подхода, изложенного в [2]. Численное решение для однородного стержня сопоставлялось с аналитическим решением методом Фурье и показало высокую точность определения поля температур.

При решении обратной задачи используется подход, изложенный в [3,4] для задач теории упругости. Предполагается, что известны законы изменения плотности и теплоемкости, а также температура на торце стержня в любой момент времени. Тогда обратную задачу можно формулировать в пространстве трансформант.

Реконструкция коэффициента теплопроводности проходит в два этапа. На первом этапе определяется нулевое приближение в классе линейных функций. На втором этапе определяется поправка на основе метода линеаризации в окрестности некоторого известного состояния.

Задача сводится к итерационной процедуре, на каждом этапе которой решается интегральное уравнение Фредгольма первого рода. В качестве метода регуляризации интегрального уравнения Фредгольма первого рода используется метод Тихонова с выбором параметра регуляризации по обобщенной невязке.

В работе сформулированы условия выхода из итерационного процесса, а также проведена серия вычислительных экспериментов для различных законов изменения коэффициента теплопроводности при точных и возмущенных входных данных. Тестирование показало достаточно хорошую точность восстановления. Все расчеты проводились в системе Microsoft Fortran PowerStation.

Литература

1. Калинин В. В., Белянкова Т. И. О динамике среды с непрерывно меняющимися по глубине свойствами. // Известия вузов, Северо-Кавказский регион, сер. естественные науки. Спецвыпуск 2004, С.44-47.
2. Привалов И. И. Введение в теорию функций комплексного переменного. М.: Высшая школа, С. 432.
3. Ватульян А. О. Интегральные уравнения в обратных задачах определения коэффициентов дифференциальных операторов теории упругости / ДАН РАН 2005, Т. 405, № 3, С. 343-345.
4. Ватульян А. О. Проблемы идентификации неоднородных свойств твердых тел // Вестник СамГУ — Естественная серия. 2007, № 4 (54), С. 93-104.

Анализ собственных частот и форм цилиндрической оболочки с винтовой анизотропией

Панфилов И. А.

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

В работе дается краткое описание численно-аналитического метода, на основе которого проведена серия расчетов по исследованию собственных частот и собственных форм колебаний цилиндрической оболочки с винтовой анизотропией. Рассмотрены два случая колебаний. Первый — осесимметричные колебания жестко заделанной по торцам оболочки без учета и с учетом усилий предварительного напряженного состояния. Установлено, что формы колебаний разбиваются на два подмножества: квазикрутильные и квазипродольные. Второй — неосесимметричный случай, когда все полевые характеристики пропорциональны $\cos(\theta)$ ($\sin(\theta)$), где θ — угловая координата точек срединной поверхности.

Влияние внутренних напряжений на явление неустойчивости двуслойной трубы, нагруженной внешним давлением

Попов А. В.

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

Рассматривается задача пространственной теории упругости об устойчивости составной трубы, нагруженной внешним равномерно распределенным давлением. Труба считается состоящей из двух частей — слоев, каждый из которых представляет собой полый круговой цилиндр.

Предполагается, что в начальном, ненапряженном состоянии внешний радиус внутреннего слоя больше внутреннего радиуса внешнего слоя. Таким образом, в отсутствие внешней нагрузки двуслойная труба содержит начальные напряжения. Представляет интерес выяснить влияние данных напряжений на явление неустойчивости рассматриваемой составной трубы после приложения внешней нагрузки, например внешнего равномерно распределенного давления.

При решении задачи используется модель изотропного несжимаемого материала, для которого выводятся уравнения нейтрального равновесия, линеаризованные граничные условия и условия сопряжения на границе раздела слоев. Невозмущенное состояние равновесия находится из точного решения нелинейной задачи Ламе для составной трубы. Рассматривается класс решений уравнений нейтрального равновесия, для которого задача устойчивости сводится к системе обыкновенных дифференциальных уравнений. Критические значения внешнего давления определяются на основе численного решения полученной системы.

Нейросетевая модель самообучения локомоциям простейших микроорганизмов (на примере амебы)

Попцов Н. А.

Пермь, Пермский государственный университет
Nikolai_work@mail.ru

Изучения механизма плавания представляет значительный интерес с точки зрения биологии водных обитателей, так как плавание выступает главным регулятором жизни этих существ, обеспечивая функции питания, размножения (репродуцирования) и другие физиологические процессы.

С гидродинамической точки зрения процесс плавания также представляет интерес, так как вызывает развитие новых методов решения задач обтекания тел переменной формы. Кроме того, само изменение формы тела должно происходить в соответствии с некоторым «сценарием» или, другими словами, форма тела должна претерпевать некоторую определенную последовательность изменений, составляющих плавательное движение [1].

Целью работы является создание нейросетевой модели самообучения локомоциям. В качестве объекта, к которому будет применена модель, выступает

упрощенная модель амебы, состоящая из 2-х сфер связанных между собой каналом, по которому жидкость может перетекать из одной сферы в другую. Также длина канала может меняться. Возможность перемещения данного объекта путем циклического изменения параметров описана в статье [1]. Целью обучения нейросети является выявление оптимальной последовательности изменений параметров объекта.

В качестве нейросети использовался многослойный персептрон. Для обучения используется стохастический алгоритм. На вход нейросети подаются текущие параметры объекта, номер шага, и направление желаемого движения. На выходе нейросети получаем параметры следующего шага. Таким образом, нейросеть циклически обрабатывает несколько шагов. На последнем шаге параметры объекта возвращаются в исходное состояние и измеряется перемещение. После определенного числа итераций нейросеть находит оптимальную последовательность. Для обучения нейросети одной последовательности, требуется приблизительно 1000 итераций. Также нейросеть может хранить несколько последовательностей соответствующих разным совокупностям исходных начальных параметров.

Автор благодарит М. А. Марценюка за тему и руководство работой.

Литература

1. Кислухин Н. М., Марценюк М. А., Бекурин Д. Б. Компьютерная модель плавания самодеформирующегося тела в вязкой жидкости. // Пермь, 2004.
2. Смолянинов В.В. Пространственно-временные задачи локомоторного управления. // Успехи физических наук. Москва, 2000, Том 170, № 10, С. 1063-1127.
3. Люгер Д. Р. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения проблем. 4-е издание. Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.

Влияние дефекта на структуру волновых полей в электроупругих материалах

Пряхина О. Д., Смирнова А. В.

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

Для исследования сопряженных механических и электрических полей в электроупругих материалах с дефектами типа отслойки необходимо уметь строить блочную матрицу-символ Грина для составной (кусочно-однородной) среды с разрывными граничными условиями на стыке слоев.

С этой целью в работе рассматривается динамическая задача электроупругости для полуограниченной кусочно-однородной среды при наличии дефектов (трещин-полостей) на границах раздела слоев. Свободная поверхность среды подвержена динамическому и электрическому воздействию. Важнейшим моментом при решении задачи является построение функционально-матричных соотношений, связывающих перемещения и напряжения, электрическую индукцию и потенциал, а также их скачки на границах дефектов, позволяющие определить динамические характеристики в произвольной точке среды. Эти соотношения являются основой построения систем интегральных уравнений смешанной задачи,

дальнейшее решение которых предполагает использование метода фиктивного поглощения, метода факторизации или численных методов. Матрицы, входящие в указанные соотношения имеют размерность 4×4 , их элементы содержат упругие, пьезо- и диэлектрические модули слоев и зависят от параметров преобразования Фурье, параметра преобразования Лапласа (для нестационарной задачи) или частоты гармонических колебаний (в случае гармонической задачи). Для построения и исследования этих соотношений (матриц-символов Грина, которые являются блочными) разработан высокоэффективный аналитический метод, основанный на использовании специального представления решения для одного слоя [1]. Метод позволяет исследовать структуру сопряженных полей в электроупругих средах с произвольным количеством слоев и произвольным сочетанием непрерывных и разрывных граничных условий.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (08-08-00144), РФФИ-р-юг (06-01-96600, 06-01-96639).

Литература

1. Пряхина О. Д., Смирнова А. В. Эффективный метод решения динамических задач для слоистых сред с разрывными граничными условиями // ПММ. 2004. Т. 68. Вып. 3. С. 499–506.

Построение новой прикладной теории изгиба канатов

Романова Н. М., Устинов Ю. А.

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

Существуют разные конструкции канатов, которые различаются, в основном, способом плетения и профилем поперечного сечения проволоки, из которой канаты свиваются. В частности, у канатов одинарной свивки волокна располагаются по винтовым линиям вокруг центрального прямолинейного волокна в несколько слоев. Известны два основных подхода к построению элементарной теории каната одинарной свивки. Один из них [1,2] опирается на представление о канате как о дискретной системе криволинейных стержней и использует методы строительной механики. Второй подход основывается на уравнениях сплошной упругой среды с криволинейной анизотропией [3,4].

В данной работе предлагается новая теория изгиба канатов, основанная на теории композитов [5] и решении Сен-Венана для цилиндра с винтовой анизотропией [6]. Проведено исследование напряженно-деформированного состояния каната и его жесткости при чистом изгибе. Получены приближенные формулы для напряжений и жесткостей, проведен анализ поведения жесткости на изгиб при стремлении модулей упругости заполнителя к нулю.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (07-01-00254) и Южного федерального университета.

Литература

1. *Глушко М.Ф.* Стальные подъемные канаты. Киев: Техніка, 1966. 327 с.
2. *Динник А.Н.* Статьи по горному делу. М.: Углетехиздат, 1957. 195 с.
3. *Thwaites J.J.* Elastic deformation of rod with helical anisotropy. Intern. J.Mech.Sci. 1977, V. 19, N. 3, pp. 161–169.
4. *Мусалимов В.М., Мокряк С.Я.* О некоторых задачах для спирально-изотропной среды // Механика сплошных сред. Томск: Изд-во Том. ун-та. 1983, С. 88–96.
5. *Победря Б.Е.* Механика композиционных материалов. М.: Изд-во МГУ. 1984, 335 с.
6. *Устинов Ю.А.* Задачи Сен-Венана для псевдоцилиндров. М.: Физматлит. 2003, 125 с.

Современные технологии и методы создания электронного учебника

Русанова Я. М., Чердынцева М. И.

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

Использование электронных учебников имеет ряд преимуществ.

Одно из них — возможность включения в состав учебника демонстрационных материалов. Демонстрационные материалы могут быть представлены как в виде мультимедийных средств — видеоролики, презентации, слайд шоу, так и в виде программ, внедренных в текст учебника.

Программы позволяют внести в демонстрационные материалы элемент интерактивности, в результате чего получаем еще одно преимущество.

Обучающемуся предоставляется возможность не просто просмотреть иллюстрацию к излагаемому материалу, но и провести различные эксперименты для закрепления полученных знаний. Такого рода программы успешно создаются для курса школьной математики, физики.

Третьим преимуществом является включение тестов в качестве промежуточного средства контроля.

Еще одним достоинством можно назвать возможность различной компоновки предлагаемого материала (порядок изложения, глубина, объем) исходя из имеющегося набора готовых фрагментов. Фрагменты могут представлять собой текст, рисунки, таблицы, видео- и аудио- материалы, программы.

Опыт разработки подобных электронных учебников и обучающих программ показал, что для их создания успешно используется язык Java.

Разрабатываемый нами электронный учебник по курсам лекций «Информатика», «Алгоритмические языки и методы трансляции» содержит демонстрационные апплеты, позволяющие студентам более подробно ознакомиться с базовыми алгоритмами.

Принципы реализации программ автоматической генерации тестов

Русанова Я. М., Чердынцева М. И.

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

Сейчас тесты и тестирование рассматриваются, в первую очередь, как средство контроля успеваемости учащихся. При этом системы электронного тестирования позволяют облегчить процесс проверки и повысить объективность оценки. Нами рассматриваются системы тестирования, которые предназначены для самостоятельного контроля знаний студентами. Основная задача такой системы тестирования — дать возможность студенту самостоятельно критически оценить степень освоения материала, обратить внимание на те разделы, которые следует повторить или изучить более внимательно. Такие системы тестирования наиболее ценны для студентов младших курсов, которым зачастую трудно привыкнуть к отсутствию ежедневного контроля со стороны преподавателя.

Чтобы такого рода системы тестирования были эффективны необходимо, чтобы они содержали большое количество разнообразных тестов и реализовывали, в той или иной степени фактор случайности. С этой точки зрения особый интерес представляют системы, включающие возможность автоматической генерации тестовых заданий. Конечно, такого рода системы не могут быть универсальными для различных областей знаний. Более того, для некоторых предметов, по крайней мере, в настоящее время, создание такого рода систем не представляется возможным.

С этой точки зрения представляется возможным разрабатывать системы автоматической генерации тестов для математических дисциплин, а также для предметов в области computer science.

В докладе рассматривается тестирующая программа по разделу «Формальные грамматики» курса «Алгоритмические языки и методы трансляции». В программу входит автоматический генератор тестовых задач для набора описанных грамматик. Алгоритм генерации предполагает случайную генерацию правильных и неправильных цепочек в заданной грамматике.

Методика предоперационного прогнозирования состояния левого желудочка сердца с патологическими образованиями

Смирнова М. Ю.

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

В работе рассмотрены вопросы связанные с важной диагностической проблемой в кардиологии — оценкой критического состояния левого желудочка (ЛЖ)

с постинфарктными осложнениями: локальными участками некроза мышечной ткани, разрывами стенки миокарда и аневризматическими образованиями.

Сердечно-сосудистые заболевания являются причиной более 55% всех случаев смерти в России. Не снижающиеся показатели сердечно-сосудистой заболеваемости определяют социально-экономическую значимость этой проблемы.

Образование постинфарктной аневризмы ЛЖ связано с выраженным изменением геометрии ЛЖ, увеличением его объемов, массы миокарда, нарушением насосной функции ЛЖ, то есть изменением всех параметров, характеризующих желудочковое ремоделирование. Единственный путь предотвращения развития аневризмы до критического состояния, приводящего к смертельному исходу — хирургическое вмешательство. Показания к операции до настоящего времени носят качественный характер, так как не разработаны методики предоперационного прогнозирования. Биомеханический анализ напряженно-деформированного состояния ЛЖ при патологии и коррекции является важнейшей составляющей этого прогноза.

На основе компьютерных клинических данных разработан биомеханический метод расчета напряжений в стенке ЛЖ в норме и при различных патологиях.

Алгоритм расчета напряжений в стенке ЛЖ построен на основе зависимостей от фазы систолы i :

- 1) объема 16 секторов миокарда, полученных по томографическим срезам;
- 2) конструктивного модуля упругости материала стенки миокарда E_i ;
- 3) толщины стенки миокарда h_i .

Изменение давления при сжатии разбито на 5 шагов нагружения. На каждом i -ом шаге нагружения при приращении давления $\Delta\pi$ обеспечение объема полости ЛЖ в соответствии с зависимостями выполняется по следующей схеме.

1. Рассчитываются перемещения и напряжения в стенке ЛЖ при приложении давления $\Delta\pi$ к его внутренней поверхности.

2. К наружной поверхности ЛЖ пристраивается виртуальная наружная оболочка толщиной $h_{ni} = h_i$ с модулем нормальной упругости $E_{ni} = 10 \cdot E_i$.

3. К виртуальной наружной оболочке прикладывается поверхностная нагрузка, обеспечивающая перемещение наружной поверхности адекватное ее физиологическому перемещению при соответствующем приращении давления. Вычисляются напряжения в стенке ЛЖ.

4. К внутренней поверхности ЛЖ пристраивается виртуальная внутренняя оболочка толщиной $h_{vi} = h_i$ и модулем нормальной упругости $E_{vi} = 10 \cdot E_i$.

5. К виртуальной внутренней оболочке прикладывается поверхностная нагрузка, обеспечивающая перемещение, при котором толщина стенки ЛЖ адекватна ее физиологической толщине. Вычисляются напряжения в стенке ЛЖ.

6. Результирующие напряжения σ в стенке ЛЖ определяются алгебраической суммой напряжений вычисленных в пунктах 1, 3, 5.

Алгоритм реализован в компьютерных программах Solid Works / Cosmos Works при разбиении ЛЖ на 150 тыс. конечных элементов.

Разработанная интегральная компьютерная технология исследования и анализа состояния ЛЖ сердца, представляющая симбиоз биомеханического и клинического исследований, позволяет проводить предоперационное прогнозирование

ние критического состояния ЛЖ с постинфарктными осложнениями.

Об идентификации неоднородностей в упругих телах

Солуянов Н. О.

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

В работе рассмотрены обратные задачи для двумерных тонкостенных конструкций, содержащих дефект в форме полости или включения. На основе информации об амплитудно-частотной характеристике границы, к которой приложена периодическая во времени нагрузка, осуществлена реконструкция конфигурации дефекта в классе цилиндров, эллипсоидов и призм. При обращении соответствующих интегральных операторов применен метод регуляризации на компактных или конечномерных множествах. При этом решение интегральных уравнений сводится к решению системы функциональных уравнений, количество которых зависит от параметризации дефекта. Так, в случае восстановления дефекта в классе цилиндров и эллипсоидов вращения получаем систему четырех уравнений, для класса призм — пять уравнений относительно параметров дефекта. При этом для идентификации дефекта достаточно знать смещения свободного края всего в нескольких частотах (четыре — для цилиндрических и эллипсоидальных дефектов, пять — для призматических), не лежащих в окрестности резонансной частоты тела. Также реализована техника восстановления местоположения и объема дефекта независимо от формы его поверхности. При этом задача сводится к решению трех функциональных уравнений относительно двух координат центра дефекта и его относительного объема. Результаты проведенных численных экспериментов свидетельствуют об эффективности предложенного подхода.

Равновесие нелинейно-упругого цилиндра, содержащего изолированный дефект

Сухов Д. Ю.

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

Были рассмотрены три задачи о равновесии нелинейно упругого цилиндра: задача о растяжении и кручении нелинейно упругого полого цилиндра, содержащего винтовую дислокацию для упрощенного материала Блейтца и Ко, задача о клиновой дисклинации нелинейно упругого полого цилиндра для материала Блейтца и Ко общего вида при разных значениях параметра β и задача о винтовой дислокации полого цилиндра с малым радиусом полости для упрощенного материала Блейтца и Ко.

Для первой из рассмотренных задач полуобратное представление выглядит следующим образом:

$$R = P(r), \Phi = \varphi + \psi z, Z = a\varphi + \lambda z,$$

где λ — коэффициент относительного удлинения, ψ — относительный угол закручивания, a — параметр дислокации (вектор Бюргерса).

Использовались дополнительные условия — равенство нулю осевой силы и крутящего момента. В качестве результата были получены и исследованы зависимости между относительным углом закручивания, относительным удлинением и параметром дислокации. Полученные зависимости подтверждают, что наличие винтовой дислокации вызывает уменьшение длины и закручивание полого цилиндра для упрощенного материала Блейтца и Ко.

Для задачи о клиновой дисклинации нелинейно упругого полого цилиндра полуобратное представление выглядит следующим образом:

$$R = P(r), \Phi = \varkappa\varphi, Z = \lambda z,$$

где λ — коэффициент относительного удлинения цилиндра, а \varkappa — длина вектора Франка клиновой дисклинации. Параметр \varkappa задавался специальным образом, а параметр λ подбирался так, чтобы удовлетворить условию отсутствия осевой силы.

Для задачи о дисклинации полого цилиндра исследована зависимость удлинения цилиндра от величины вектора Франка. Получено, что для упрощенного материала Блейтца и Ко наличие дисклинации независимо от ее знака приводит к уменьшению длины полого цилиндра. Однако, в случае, когда параметр β материала равен единице, дисклинация любого знака приводит к увеличению длины цилиндра. Промежуточные значения параметра соответствуют промежуточным значениям удлинения цилиндра, и при значении $\beta = \frac{1}{2}$ можно предполагать сохранение длины цилиндра.

Для задачи о равновесии цилиндра при наличии винтовой дислокации для малого внутреннего радиуса полуобратное представление имеет следующий вид:

$$R = P(r), \Phi = \varphi, Z = a\varphi,$$

где a — длина вектора Бюргерса винтовой дислокации.

В качестве результата получены зависимости величины внутреннего радиуса цилиндра от вектора Бюргерса винтовой дислокации.

Для данной задачи 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 о появлении полости в сплошном цилиндре при появлении в нем винтовой дислокации для упрощенного материала Блейтца и Ко.

Оценка адекватности, редуцирование и идентификация логико-вероятностных моделей

Тарасова И. Л.

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

При моделировании сложных физических, биологических, технических, экономических, технологических, социальных и других систем мы сталкиваемся с тем, что чем сложнее система, тем менее мы способны дать точные и в тоже время имеющие практическое значение суждения о ее поведении. Такая ситуация в [1] определяется термином «принцип несовместимости». Следствие из этого принципа кратко можно выразить так: «Чем глубже мы анализируем реальную задачу, тем неопределеннее становится ее решение». Именно в этом смысле точный количественный анализ поведения сложных систем для практического исследования реальных задач, по-видимому, недостаточен. В таких задачах каждому объекту моделирования можно поставить в соответствие ту или иную оптимальную логико-вероятностную модель [2] лишь с некоторой вычисляемой по полиномиальной формуле [3] вероятностью.

При таком подходе к построению математических моделей сложных систем поиск наилучших моделей или оценку их адекватности можно проводить с использованием таких известных вычислительных методов [4], как математическое моделирование в порядковых шкалах, обобщенное математическое программирование или многошаговое обобщенное математическое программирование. Указанные методы базируются на оценке бинарных отношений вида I^*qI . При этом модель I^* считается адекватной, если пара $(I^*, I) \in q$.

Полученные в результате аппроксимации исходных данных логико-вероятностные модели сложных систем, как правило, получаются чрезвычайно большой размерности и плохо пригодными к реализации задач реального времени. Существенно ускорить процесс принятия решения можно за счет распознавания полученных изображений I_r^* , т. е. отнесение его к тому или иному классу образов C_j^I идеального изображения $I \in C_j^I$. В этом случае, если класс C_j^I , к которому мы отнести рассматриваемое изображение I_r^* хорошо изучен и для его получено оптимальное решение, то для получения решения для модели I_r^* можно использовать метод ситуации привычности [5], т. е. искомое решение заметить аналогом.

В качестве возможных числовых оценок близости моделей могут быть использованы мощности множеств, количество совпадающих элементов, число групп совпавших элементов и др. Каких-либо рекомендаций по выбору тех или иных оценок в настоящее время рекомендовать нельзя в связи со слабой изученностью подобных моделей. В случае невозможности упорядочивания неметризуемых множеств решение о наибольшей близости какого-либо множества к эталону должен принимать сам исследователь, исходя из своих предпочтений, опыта и интуиции.

Литература

1. Введение в математическое моделирование.: Учеб. пособие / Под ред. П. В. Трусова. М.: Логос, 2005.
2. Городецкий А. Е., Тарасова И. Л. Управление и нейронные сети. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2005, 312 с.
3. Городецкий А. Е., Дубаренко В. В. Комбинаторный метод вычисления вероятности сложных логических функций. // ЖВМ и МФ, 1999, том 39, № 7, С. 1246–1248.
4. Юдин Д. Б. Вычислительные методы теории принятия решений. М.: Наука, 1989.
5. Городецкий А. Е. Об использовании ситуации привычности для ускорения принятия решения в интеллектуальных информационно-измерительных системах.// Физическая метрология: теоретические и прикладные аспекты./ Под ред. д.т.н. Городецкого А. Е. и к.ф.-м.н. Курбанова В. Г. СПб.: Изд-во КН, 1996, С. 141–151.

Кинетические модели мышечного сокращения

Цатурян А. К., Шестаков Д. А.

Москва, Институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова
shestakov@imec.msu.ru

Сокращение скелетных мышц — один из наиболее интересных для изучения видов клеточной подвижности, обусловленной работой актин-миозинового молекулярного мотора, черпающего энергию из универсального биологического источника — гидролиза АТФ. Глубокая структурированность скелетных мышц, наряду с цикличностью и асинхронностью актин-миозиновых взаимодействий, дает возможность моделировать глобальные экспериментально наблюдаемые макроэффекты посредством математического описания микроциклов работы миозиновых поперечных мостиков, с последующим осреднением и вычислением интегральных характеристик. Такой подход приводит к появлению на свет различных моделей мышечного сокращения, называемых кинетическими. Со времен работ Э. Хаксли и В. И. Дещеревского примитивные кинетические схемы существенно обогатились и развились в несколько групп моделей, различаемых по математическим методам построения, по принимаемым во внимание характеристикам (химическая и структурная кинетика, зависимость от температуры, концентраций различных веществ, растяжимости белковых нитей и т.д.), по воспроизводимым опытным данным. Развитые кинетические модели обладают всеми достоинствами более ранних построений — например, некоторые из них, как и модель В. И. Дещеревского, сводимы к обыкновенным дифференциальным уравнениям. При этом они свободны от физической нереалистичности и описывают большее число наблюдаемых экспериментальных эффектов. Дальнейшее изучение скелетных мышц при помощи кинетических моделей остается актуальным и в настоящее время, в связи с открытием новых свойств мышечных белков и особенностей цикла их взаимодействия.

Современные технологии преподавания вычислительной математики для различных специальностей Южного федерального университета

Цывенкова О. А.

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

Одним из способов повышения продуктивности обучения является использование новых информационных технологий. Для преподавания курса вычислительной математики разработан ряд презентаций, посвященных различным темам курса. Такие презентации можно использовать для чтения лекций, для асинхронного обучения и для самостоятельной подготовки студентов.

Анализ динамики крыла насекомых на основе модели балки Тимошенко

Шевцова В. С.

Ростов-на-Дону, Донской государственный технический университет
barbaragen4@mail.ru

Данные электронного микроскопирования крыльев насекомых выявили на их поверхности различные регулярные структуры (чешуйки, волоски, стерженьки). Вероятно, их функции состоят в уменьшении сопротивления воздуха во время полета, снижении смачиваемости крыла, осуществлении информационной функции, обеспечении механической жесткости крыла для предотвращения действия повреждающих нагрузок во время полета.

Крыло насекомого представляет собой тонкую двухслойную прозрачную мембрану, поддерживаемую сетью склеротизированных жилок, придающих крылу дополнительную жесткость. Измерения показали, что величина изгибной жесткости по размаху крыла на 1-2 порядка больше, чем изгибная жесткость вдоль хорды. Главной причиной этого являются жилки передней кромки.

В работе обсуждается возможность создания модели крыла насекомого с распределенными на его поверхности структурами, обладающими дополнительными степенями свободы.

На первом этапе работы для группы балок, имеющих разные размеры и механические свойства, проводились численные эксперименты. Использовались модель балки Эйлера, уточненная теория Тимошенко и 3-мерная модель. Численные решения во всех случаях выполнялись МКЭ. В результате численных экспериментов было установлено, что адекватное описание динамики всех исследованных балочных систем наряду с 3D-моделью дает модель Тимошенко, обладающая, кроме того, наименьшей вычислительной трудоемкостью решения. В связи с этим представляется целесообразным дальнейшее развитие модели Тимошенко, дополненной системой дискретных «чешуек».

На втором этапе была учтена микроструктура на поверхности крыла. «Чешуйки» консольно закреплены на поверхности крыла и представляют собой невесомые упругие балки с жесткими грузами на конце. Разрешающие уравнения получены с помощью принципа Гамильтона с учетом потенциальной и кинетической энергий поверхностных структур. Рассчитан спектр собственных частот и форм колебаний в зависимости от массовых и жесткостных характеристик моделируемых структур.

Устойчивость сжатой упругой трубы из микрополярного материала при внутреннем или внешнем давлении

Шейдаков Д. Н.

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

Настоящая работа посвящена исследованию устойчивости упругой цилиндрической трубы при различных видах комбинированного нагружения в рамках модели континуума Коссера. Особенностью континуума Коссера, или микрополярной среды, является то, что каждая его частица обладает внутренней степенью свободы — микровращением. Данная модель сплошной среды применяется для описания поведения гранулированных материалов, поликристаллических тел, композитов, а также различных наноструктур. В работе рассмотрены проблемы бифуркации равновесия сжатой трубы под действием либо внутреннего, либо внешнего гидростатического давления. Анализ устойчивости проводился для нескольких микрополярных материалов. Найдены спектры критических значений параметров деформации (относительное осевое сжатие и давление) и построены области устойчивости в плоскости этих параметров в зависимости от геометрических размеров трубы. Изучено влияние внутреннего и внешнего давления на устойчивость. Основываясь на полученных численных результатах, сформулированы некоторые общие выводы о характере влияния микроструктуры материала на бифуркацию равновесия сжатой цилиндрической трубы.

Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента РФ (МК-4984.2008.1) и Российского фонда фундаментальных исследований (06-01-00726).

Biomechanics substantiation and creation new gymnastics stunt

Bilozertchev A. D.*, Bilozertchev D. V.*, Leykin M. G.**

**Columbus, OH, USA, Ohio State University*

***Portland, OR, USA, Gymnastics & Biomechanics Center*

m_leikin@yahoo.com

One of ways of development and perfection of gymnastics is creation of new elements. Creative use and connection of known elements is one of ways to achieve this goal.

A terminological title of offered and described stunt «Giant backwards in rear hang with full-twisting on one arm to handstand» — represents a connection into the beautiful and perhaps one of the most demanding of coordination trick both known elements: «Czech Giant» and «Diamidov».

The full terminological title is so long (it is intended for use at university education). We are recommended at practice to call it as «Diamidov» from «Czech giant». Sequence are showing that the first part of the new stunt is «Czech Giant», and second part of one, as a matter of fact, is «Diamidov». Unfortunately moving to Diamidov from Parallel Bars (PB) to Horizontal Bar (HB) is considerably more complicated in initial terms of body positions, grips, and its biomechanics parameters begin to depend on the quality of the performance previous «Czech Giant». It is natural, and only perfect performer of both «Czech Giant» and «Diamidov» has hope of connecting them in a new beautiful stunt. It is perhaps one of the most demanding of coordination stunts to put it into gymnastic practice.

There is a fine tradition in world of gymnastics: a new gymnastic exercise is given the name of the athlete who introduces it for the first time. In this way, the innovator's great creative achievement goes in the gymnastic history. The recognition of an athlete who first performs a new exercise is well deserved. Every new gymnastic exercise is the result of enormous creative effort, risk, and virtuosity. A new exercise demonstrates increased human possibilities and opens new ways of gymnastics developing and enhancement. And then the list of glorified names of HB stunters Tsukahara, Tkachev, Stalder, Endo, Voronin, Markelov, Deltchev, Ginger, Pogorelov, Jager, Koste, Heyger, Steinemann etc, whose perfect elements on HB are now used in international gymnastic competitions remaining up to this time very popular, will be added by name of new Challenger.

The Gymnastics waits for the challenger executor...

Rehabilitation sport-health equipment for individual use

Bilozertchev D. V.*, Bilozertchev O. E.*, Leykin M. G.,
Sadovska J. Y.*****

** Columbus, OH, USA, Ohio State University*

*** Portland, OR, USA, Gymnastics & Biomechanics Center*

**** Simferopol, Ukraine, Krimea State Medical University*

m_leikin@yahoo.com

People with the limited physical abilities make up 9-12% of the populations even of the advanced countries. This significant percentage demonstrates an urgency to improve and restore this population's health and active lifestyles. The political and social maturity of the state is responsible, to a certain extent, for this noticeable crisis. Taking into account that this category of people typically includes elderly people, it becomes obvious that the importance of this is paramount. The Preamble of the Constitution of the World Health Organization (WHO) states «Health is a state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity». Using this definition of health, we will substantiate the validity of this project.

Modern accepted theories and the practice of physical exercise as an effective tool to improve health identify the importance of agreement in identifying individual needs. Anecdotal research of invalids has shown appreciable activation of their life as a result of systematic employment of physical exercise (Shectopalov E., 2005). The overarching definition of activation of the life of invalids with disabilities of the skeletal-muscular system is the opportunity to create new interpersonal relationships during participation in community activities. A number of respondents have confirmed vital change of their social status. The presence of a certain quota engaged in sports for a significant amount of time shows that the involvement in an organized exercise program becomes an important part of life for people with disabilities. A system utilizing fitness equipment currently available is already a component of lifestyle in advanced countries — including upper classes, very extensive middle classes and even for those in prison. There is an understanding of positive impact of sports equipment for disabled people in the whole world as well, and (Druvert J.C., 1986), its adaptation for the disabled. (Schwarzenegger A., 2005; Leykin M.G., 2004; Vodlozerov V.E., 2003; Sadovska Yu. Ya, 2002; Aruin A.S., 2000; Haines I.L., 1995; Lesgaft P.F., 1920). Due to its effectiveness, physical rehabilitation equipment is being invented and utilized around the world. The above mentioned concept of health presented by WHO is different from habitual views. It has for the first time determined a methodological approach to estimate physical, psychological and social health. The special rehabilitation equipment is result of joint research by engineers, doctors, physiologists, psychologists, and fitness educators since physical rehabilitation presents a multitude of special requirements to the equipment. A scientific substantiation and the creation of such rehabilitation equipment, their positive endorsement are executed by Leykin, M.G. (dissertation: Scientific substantiation and creation sports rehabilitation equipment, Russian state academy of physical culture, 1994, line of the monographers and textbooks) and are currently being tested in sports, training, and medical practice. Based on priorities of an anatomic orientation of influences and localization of contacts with parts of the human body, this equipment was purposefully created by the author for the arms, shoulders girdle, legs, and full body exercise. The analysis of works by American researchers in the field of physical rehabilitation of the disabled include direct dialogue and exchange of experience with the experts in scientific proposal of research results in practice (Crespo, C. J., Brodowicz, G.R., Farquhar, S., Kaplan, M., Aruin A.S., Gurfinkel V.S., Zachiorskiy V.M.). We hope to improve public health (physical, mental and social) and include a variety of areas of research (Community Health Education, Health Sciences, Physical Activity/Exercise, and School Health within the scope of this research. The Gerontology topics will address the social issues, problems, policies, and programs that affect the quality of life for our rapidly aging population and the special preparation of the experts in this area (i.e. Master of Public Health in Health Education/Health Promotion). Equipment such as the proposed portable equipment is not only helpful but primary to the evolution of exercise accessibility needed to accommodate the growing «special needs» population through out not only the Ukraine and America, but the world.

Содержание

| | |
|---|----|
| Абрамян М. Э. Реализация мониторинга выполнения индивидуальных заданий по программированию с использованием системы контроля версий | 5 |
| Авдеева А. В., Исакова О. П., Кондухов В. В., Тарасевич Ю. Ю. Влияние режима испарения на перераспределение компонентов в высыхающих каплях биологических жидкостей | 6 |
| Азарова П. А., Явруян О. В. Исследование колебаний вязкоупругой слоистой биологической ткани | 7 |
| Азовский А. И., Загребнева А. Д., Сурков Ф. А., Тютюнов Ю. В. Моделирование структурообразования вызванного эффектом таксиса на примере популяции гарпактицид | 8 |
| Айзикович С. М., Васильев А. С., Кренев Л. И., Трубчик И. С. Контактные задачи для материалов с градиентными покрытиями . . . | 9 |
| Акопян В. А., Чинчян Л. В. Экспериментальное исследование и идентификация параметров дефектов в авиационных композитных конструкциях | 10 |
| Альтенбах Х. ., Еремеев В. А. Механика пластин из вязкоупругих функционально градиентных материалов | 11 |
| Аникина Т. А. Моделирование процесса регенерации костной ткани . . | 11 |
| Аптуков В. Н., Осоргина Л. Ю. Конечные деформации склерозированных сонных артерий | 12 |
| Баранов И. В., Надолин Д. К., Стрельникова А. В. Об оптимизационном модуле КЭ комплекса ACELAN на основе генетического алгоритма. | 14 |
| Баталов О. А., Ежов М. Ю. Инновационные технологии в хирургической реабилитации функций стопы | 14 |
| Батищев В. А. Винтовые возмущения течения Пуазейля | 15 |
| Бауэр С. М., Качанов А. Б., Семенов Б. Н. Изменение показателей внутриглазного давления после рефракционной хирургии. Статистика и моделирование. | 16 |
| Бегун П. И., Измайлова З. Т., Кривохижина О. В., Лебедева Е. А., Цурова Н. Х. Интегральная компьютерная технология исследования структур организма при протезировании и коррекции | 17 |
| Белов К. Л. О конвекции в пространственном слое микрополярной вязкоупругой жидкости | 18 |
| Белоконь А. В., Скалиух А. С. Моделирование сегнетоэластиков и материалов с памятью формы | 18 |
| Бершицкий С. Ю., Кубасова Н. А., Ференци М. А., Цатуриян А. К. Математическое моделирование дифракционной рентгенограммы активно сокращающейся скелетной мышцы | 19 |
| Богаченко С. Е., Устинов Ю. А. Моделирование стенозов | 21 |
| Боев Н. В. К проблеме локальной замены неплоских отражателей плоскими при двукратном отражении звуковой волны | 21 |
| Бондарь А. Ю., Надолин К. А. Математическое моделирование русловых потоков. Протяженный глубокий поток. | 22 |

| | |
|--|----|
| Брагилевский В. Н. Технологии промышленной разработки ПО в учебных проектах | 23 |
| Брагин С. А., Шевцов С. Н. Моделирование и оптимизация системы адаптивного управления колебаниями балочной конструкции путем оптимального размещения сенсоров и актуаторов | 24 |
| Брагин С. А., Сибирский В. В., Шевцов С. Н. Принципы построения уменьшенных физических моделей | 25 |
| Бубенщикова И. А., Пономарева И. С., Тарасевич Ю. Ю. Технология создания web-приложений для исследования моделей живых систем | 26 |
| Ватульян А. О. О моделях роста и адаптации костной ткани | 27 |
| Ватульян К. А., Устинов Ю. А. Задача Сен-Венана о чистом изгибе цилиндра с ромбоэдрической анизотропией | 28 |
| Величко А. Н. Компьютерное моделирование в механике фейерверков . | 28 |
| Вернигора Г. Д. Об определении эффективных постоянных композиционных материалов на основе конечноэлементного моделирования в ACELAN | 29 |
| Вовк Л. П., Кисель Е. С. Особенности применения метода суперпозиции для динамических задач термоупругости тел конечных размеров . | 30 |
| Вовченко И. И. О решении нестационарных контактных задач в ACELAN. | 31 |
| Воронкова Е. Б., Качанов А. Б., Миронов А. Н. О задаче построения упругого потенциала склеральной ткани | 31 |
| Воронкова Е. Б., Краковская Е. О деформации решетчатой пластины глаза при глаукоме | 32 |
| Гавриляченко Т. В., Иванова М. И. О развитии системы тестирования по векторной и тензорной алгебре. | 32 |
| Газзаев А. А., Углич П. С. Обратная коэффициентная задача для двумерной области | 33 |
| Гладышева Т. В., Наседкин А. В. О конечно-элементных подходах к исследованию задач механики контактных взаимодействий для неоднородных сред | 33 |
| Глушков Е. В., Глушкова Н. В., Ерёмин А. А. Дифракция упругих волн на системах внутренних и поверхностных дефектов | 34 |
| Городецкий А. Е. Приближенное вычисление оптимального бинарного отношения в задачах моделирования нечетких систем | 35 |
| Городецкий А. Е., Дубаренко В. В., Кучмин А. Ю. Построение диагностической модели мукоцилиарного транспорта в виде конечного автомата | 36 |
| Городецкий А. Е., Дубаренко В. В., Кучмин А. Ю., Тарасова И. Л. Структурно-функциональная модель колебаний ресничек мерцательных клеток | 37 |
| Григорян С. С., Пихлер Д. ., Саакян Ю. З., Цатурян А. К. Звуки Короткова — история, теория, нерешенные проблемы | 38 |
| Гузев М. А., Никитина Е. Ю., Черныш Е. В. Решение некоторых задач анализа эмпирических данных в медицине и криминологии | 40 |

| | |
|--|----|
| Долицкая И. С., Карпинский Д. Н. Влияние формы держателя на АЧХ микроантилевера с учетом термоупругой связи | 41 |
| Елшин М. А. Программное обеспечение для вычисления параметров кровотока в части артериальной системы | 42 |
| Ерусалимская Н. Я., Ерусалимский Я. М., Надолин К. А. Учебно-сертификационный Центр как форма Outreach School & Faculty Development | 43 |
| Ерусалимский Я. М., Кряквин В. Д., Чернявская И. А. Проблемы и перспективы асинхронного обучения в Южном федеральном университете. | 45 |
| Зеленина А. А., Зубов Л. М. Нелинейный пространственный изгиб составного бруса, обусловленный начальными напряжениями | 46 |
| Зенин О. К., Кизилова Н. Н. Модель системного артериального русла человека, основанная на измерениях <i>in vivo</i> | 47 |
| Ильичев В. Г. Устойчивость и адаптация экологических систем | 48 |
| Илюхин А. А. Один метод определения углового положения тела | 49 |
| Илюхин А. А., Тимошенко Д. В. К одномерной микрополярной теории упругих стержней | 49 |
| Кабельков А. Н. Механическая мышца как генератор управляющего воздействия | 50 |
| Кармазин А. В., Кириллова Е. В., Сыромятников П. В. Композитные материалы со множественными трещинами и включениями. | 50 |
| Карпинский Д. Н., Шишкин А. Н. Математическое моделирование полуконтактного режима атомно-силового микроскопа с учетом особенности процесса исследования мягких биологических тканей . . | 51 |
| Карпинский М. Ю., Кизилова Н. Н. Усложненные модели опорно-двигательной системы человека для анализа данных постурографии | 53 |
| Карякин М. И. К математической модели эксперимента по растяжению мягких биологических тканей | 54 |
| Карякин М. И., Толмачёв М. В. Интерактивная обучающая среда для лабораторного практикума по механике | 55 |
| Ковалева В. В. Об определении потенциала в нестационарной задаче термоэластопругости для тонкостенного элемента | 56 |
| Ковалева Е. С., Цибулин В. Г. Исследование динамики модели популяционной кинетики с косимметрией | 56 |
| Колесников А. М. Равновесие упругой сферической оболочки, наполненной тяжелой жидкостью | 58 |
| Колосова Е. М., Чебаков М. И. Контактное взаимодействие упругих тел с учетом трения, тепловыделения и наличия дефектов, как модель трибосистемы с усложненными свойствами | 59 |
| Колосова Е. М., Чебаков М. И. Конечно-элементное моделирование контактного взаимодействия в двуслойных цилиндрических и сферических шарнирах | 60 |
| Кочуров В. А., Напрасников В. В., Скалиух А. С. Использование суперкомпьютера СКИФ в дистанционном образовании | 61 |

| | |
|---|----|
| Куракин Л. Г. Устойчивость вихревых конфигураций | 62 |
| Курбатова Н. В. Программируемая дискретизация вариационных уравнений с использованием принципов компиляторов | 62 |
| Курбатова Н. В., Романова Н. М. О некоторых результатах конечноэлементного исследования задачи Сен-Венана для ЕЗС при чистом изгибе | 63 |
| Курбатова П. С., Сапрунов Н. И., Соловьев А. Н., Спожакин А. С. О реконструкции расслоений и разрывов в слоистых композитах. . . | 64 |
| Лихтанская Н. В., Сурков Ф. А. Эволюционно-устойчивые стратегии поведения | 65 |
| Логвенков С. А., Штейн А. А., Юдина Е. Н. Математическое моделирование транспортных и ростовых процессов в корнях растений . | 66 |
| Любимов Г. А., Моисеева И. Н., Штейн А. А. Совместное моделирование процессов деформирования и течения жидкости в глазном яблоке | 67 |
| Мазурицкая А. М., Тютюнов Ю. В. Индивидуум-ориентированное моделирование биологических систем | 69 |
| Майорова О. А. Осевое растяжение нелинейно-упругого параллелепипеда | 70 |
| Марасулов А., Сафаров И. И., Тешаев М. Х. Распространение волн в цилиндрических оболочках с вязкой жидкостью | 71 |
| Михалкович С. С., Ткачук А. В. Учебные возможности языка Pascal-ABC.NET | 71 |
| Надолин Д. К. Модернизация конечноэлементного комплекса ACELAN. | 73 |
| Напрасников В. В., Напрасникова Ю. В., Соловьев А. Н. Моделирование зубного моста на основе метода конечных элементов | 73 |
| Наседкин А. В. Моделирование пористых пьезоэлектрических материалов различного типа связности и расчет ультразвуковых пьезоизлучателей для медицинских применений | 74 |
| Нестеров С. А. О реконструкции коэффициента теплопроводности неоднородного стержня | 75 |
| Панфилов И. А. Анализ собственных частот и форм цилиндрической оболочки с винтовой анизотропией | 76 |
| Попов А. В. Влияние внутренних напряжений на явление неустойчивости двуслойной трубы, нагруженной внешним давлением | 77 |
| Попцов Н. А. Нейросетевая модель самообучения локомоциям простейших микроорганизмов (на примере амебы) | 77 |
| Пряхина О. Д., Смирнова А. В. Влияние дефекта на структуру волновых полей в электроупругих материалах | 78 |
| Романова Н. М., Устинов Ю. А. Построение новой прикладной теории изгиба канатов | 79 |
| Русанова Я. М., Чердынцева М. И. Современные технологии и методы создания электронного учебника | 80 |
| Русанова Я. М., Чердынцева М. И. Принципы реализации программ автоматической генерации тестов | 81 |
| Смирнова М. Ю. Методика предоперационного прогнозирования состояния левого желудочка сердца с патологическими образованиями | 81 |

| | |
|---|----|
| | 95 |
| Солуянов Н. О. Об идентификации неоднородностей в упругих телах . | 83 |
| Сухов Д. Ю. Равновесие нелинейно-упругого цилиндра, содержащего изолированный дефект | 83 |
| Тарасова И. Л. Оценка адекватности, редуцирование и идентификация логико-вероятностных моделей | 85 |
| Цатурян А. К., Шестаков Д. А. Кинетические модели мышечного со- ращения | 86 |
| Цывенкова О. А. Современные технологии преподавания вычислитель- ной математики для различных специальностей Южного феде- рального университета | 87 |
| Шевцова В. С. Анализ динамики крыла насекомых на основе модели балки Тимошенко | 87 |
| Шейдаков Д. Н. Устойчивость сжатой упругой трубы из микрополяр- ного материала при внутреннем или внешнем давлении | 88 |
| Bilozertchev A. D., Bilozertchev D. V., Leykin M. G. Biomechanics sub- stantiation and creation new gymnastics stunt | 88 |
| Bilozertchev D. V., Bilozertchev O. E., Leykin M. G., Sadovska J. Y. Rehabilitation sport-health equipment for individual use | 89 |

Для заметок