

XXII Зимняя школа по механике сплошных сред

Пленарные лекции

Профессор



Аронсон Игорь С.

Пенсильванский государственный университет, США

Плавание в сверхтекучей жидкости

Движение живых микроорганизмов, в конечном счете, зависит от вязкого сопротивления при взаимодействии тела и жидкости. Самодвижение в сверхтекучей жидкости, такой как ^4He , считается невозможным из-за явного отсутствия вязкостного сопротивления. Исследуется самодвижение светопоглощающей частицы Януса (двуликой), взвешенной в сверхтекучем гелии ^4He (часто называемом He-II). Частица питается тепловым потоком за счет поглощения света от внешнего источника. Показано, что квантово-механическая движущая сила возникает за счет преобразования сверхтекучей жидкости в нормальную жидкость на нагретой поверхности частицы. Теоретический анализ подтвержден численным решением в рамках модели Гинзбурга-Ландау-Халатникова для сверхтекучей среды. Наши результаты проливают свет на динамику включений в сверхтекучей среде и стимулируют новые эксперименты.



Профессор

Ахатов Искандер Шаукатович

Центр проектирования, производственных технологий и материалов Сколковский институт науки и технологий (г. Москва)

Гидродинамика дисперсных систем: основы и приложения

Динамика дисперсных систем - это раздел механики, который изучает аэрозоли (капли жидкости, диспергированные в газе), эмульсии (капли жидкости, диспергированные в другой жидкости), суспензии (твердые частицы, диспергированные в газе или жидкости), порошки (упакованные пористые среды) и пузырьковые жидкости (пузырьки рассеяны в жидкости).

Благодаря своей практической значимости динамика дисперсных систем на протяжении многих лет разрабатывалась многими исследовательскими группами по всему миру и успешно использовалась в России и за рубежом для решения проблем ядерной, нефтяной, химической и экологической инженерии.

В этой презентации обсуждаются прикладные, но фундаментальные проблемы гидродинамики дисперсных систем, имеющие отношение к промышленным приложениям. А именно: (1) конвективное горение и детонация в порошковых взрывчатых веществах; (2) коллапсирующие пузырьки и сонолюминесценция; (3) акустическая кавитация и пузырьковые облака; (4) коллимация аэрозольных пучков; (5) капиллярное осаждение; и многие другие.

Профессор

Баджиолли Маттео

Институт теоретической физики, Мадридский Университет,
Испания



Как найти различия между твердыми и жидкими веществами (и понять их)

Колебательные, термодинамические и механические свойства твердых тел получили всестороннее изучение со времен работы Дебая в 1912 году. Напротив, такое же глубокое понимание аморфных систем, жидкостей и стекол, остается недостижимым уже более века и до сих пор является загадкой. В этой лекции я продемонстрирую новое различие между твердыми и жидкими веществами, основанное на неаффинных смещениях и топологической симметрии высшей формы, которая может быть количественно определена с помощью концепции вектора Бургерса, применяемой к динамическим полям смещения.

Нарушение такой симметрии приводит к макроскопической скорости фазовой релаксации для режимов Голдстоуна, которые, как следствие, приобретают конечную длину распространения. Я покажу, как эта теория прекрасно воспроизводит динамику к-образного зазора для сдвиговых волн и явление положительного рассеивания звука для продольного звука в жидкостях.

Член-корреспондент РАН

Василевский Юрий Викторович

Институт вычислительной математики им.
Г.И. Марчука РАН, МФТИ, Сеченовский
Университет (г. Москва)



Ю.В. Василевский, К.Д. Никитин,
Р.М. Янбарисов, К.М. Терехов,
М.А. Ольшанский

**Трехмерные течения ньютоновских и
неньютоновских жидкостей со свободной
поверхностью**

В лекции рассматриваются вопросы моделирования трехмерных течений ньютоновских и неньютоновских жидкостей со свободной поверхностью.

Основополагающим принципом моделирования являются минимальные предположения об особенностях жидкости и течения, поэтому модель основана на уравнениях Навье-Стокса и уравнении переноса функции уровня для отслеживания эволюции свободной поверхности.

Высокое разрешение свободной поверхности обеспечивается за счет использования динамических адаптивных сеток типа восьмеричное дерево.

Численные примеры иллюстрируют решение различных задач - от осцилляции эллиптической капли до расчета штормовой нагрузки на морские сооружения и модели схода селя.

Профессор



Ватульян Александр Ованесович

Южный федеральный университет (г. Ростов-на-Дону)

Об определении переменных физических характеристик упругих тел

Рассмотрен ряд обратных задач механики деформируемого твердого тела по определению нескольких переменных характеристик – модулей упругости, плотности по измеренным на границе тела амплитудно-частотным характеристикам. Сформулированы общие принципы исследования нелинейных некорректных задач, которые возникают при решении. Представлена формулировка операторных соотношений в обратных задачах, построены итерационные процессы, на каждом шаге которого решается прямая задача с известными характеристиками и находятся поправки из решения операторных уравнений и систем с компактными операторами. Изучена чувствительность входной информации относительно искомых функций. В качестве примеров реконструкции представлены задачи для продольно неоднородных стержней, радиально неоднородных цилиндрических структур (круговых цилиндров и волноводов). Представлены результаты вычислительных экспериментов, сформулированы некоторые принципы нагружения, для которых реконструкция наиболее эффективна.

Профессор



Георгиевский Дмитрий Владимирович

МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва)

Элементы теории определяющих соотношений и линеаризованные постановки задач устойчивости

Элементы теории определяющих соотношений. Касательный модуль и касательная податливость. Физическая линейность, тензорная линейность (квазилинейность) и нелинейность. Материальные функции. Реономные и склерономные среды. Однородные и неоднородные среды. Композиты. Упругие тела. Вязкие жидкости. Среда с памятью. Нелокальные среды.

Тензорные функции и их инварианты в теории определяющих соотношений. Потенциальные среды и условия потенциальности. Несжимаемые материалы.

Нелинейные упруговязкопластические модели. Классификация несжимаемых сред (квазилинейные модели, тела Бингама, идеально пластические среды, ньютоновские вязкие жидкости).

Постановка линеаризованной краевой задачи устойчивости течения относительно малых возмущений начальных данных.

Профессор



Джулиани Алессандро

Итальянский национальный институт
здравоохранения, Италия

Вопросы, касающиеся силовых воздействий: некоторые заметки по механобиологии

Исследование воздействия механических сил на живую материю поколебало основы биологических представлений. Вопреки давней традиции, утверждающей конечное причинно-следственное происхождение любого проявления жизни на генетическом уровне, появляется все больше доказательств того, что экспрессия генов может быть задумана как реакция на изменение микроокружения. Механические силы играют доминирующую роль в клеточном микроокружении. Здесь я расскажу о некоторых примерах, начиная с эффектов микрогравитации и заканчивая строением хромосом и резонансными явлениями.

Профессор



Еремеев Виктор Анатольевич

Гданьский технологический университет, Польша,

Университет Кальяри, Италия

Об антиплоских поверхностных волнах в рамках сильно анизотропной поверхностной упругости

Целью лекции является обсуждение новой модели эластичности поверхности, называемой сильно анизотропной. Создание модели было мотивировано рассмотрением некоторых неоднородных микроструктурных покрытий. Существует, по крайней мере, две причины мотивирующие исследование этих поверхностных структур. Первая связана с полимерными щётками. Интерес к моделированию покрытий, позволил связать полимерные щётки с последними разработками в области супергидрофобных и суперэролеофобных поверхностей, используемых для изготовления так называемых самоочищающихся и бактерицидных покрытий. Другим примером такого покрытия являются гиперболические мета-поверхности.

Вначале мы кратко обсудим вопрос о структуре покрытия. Затем представим континуумную модель, основанную на плотности поверхностной энергии. С физической точки зрения эта модель соответствует покрытию из семейства параллельных длинных волокон, обладающих изгибной жесткостью и жесткостью при растяжении в одном предпочтительном направлении. Наконец, используя вариационный принцип Лагранжа, мы получаем уравнения равновесия и соответствующие естественные граничные условия. Представленную 2D модель можно рассматривать как высоко анизотропную 2D упругость при градиенте деформации. Энергия поверхностной деформации содержит как первую, так и вторую производные поля поверхностных перемещений. Таким образом, она представляет собой класс 2D моделей поверхностной упругости, являющихся промежуточными между Гуртином-Мурдоком и Штайгман-Огденом моделями. Наконец, мы обсудим распространение антиплоских поверхностных волн.

Профессор



Кукушкин Сергей Арсеньевич

Институт проблем машиноведения РАН (г. Санкт-Петербург)

С.А. Кукушкин, А.В. Осипов

Микромеханика гетероструктур и управляемый синтез новых материалов: Наномасштабный монокристаллический карбид кремния на кремнии и его уникальные свойства

На основе основных положений механики деформируемого твердого тела теоретически предложен и экспериментально реализован принципиально новый метод управляемого синтеза с заданными свойствами и структурой монокристаллических, низкодефектных полупроводниковых пленок на подложках при большом рассогласовании параметров решетки пленки и подложки. На основе данного метода разработана технология получения нового материала монокристаллической нанопленки карбида кремния на кремнии. Метод основан на открытии нового механизма релаксации упругих механических напряжений при росте эпитаксиальных пленок за счет предварительного внедрения в решетку подложки ансамбля нанообъектов — дилатационных диполей — устойчивых комплексов, состоящих из притягивающихся центров дилатации — атома углерода в межузельной позиции кремния и кремниевой вакансии. Впервые в мировой практике реализован метод последовательной замены атомов одного сорта другими прямо внутри исходного кристалла без разрушения его кристаллической структуры. Метод напоминает “генетический синтез” белковых структур в биологии. Качество структуры слоев, полученных данным методом, значительно превосходит качество пленок карбида кремния, выращенных на кремниевых подложках ведущими мировыми компаниями. Метод дешев и технологичен. В настоящее время технология прошла стадию НИОКР. Впервые в мире создан работающий лабораторный макет (излучающей свет) светодиодной структуры на кремнии с подслоем нанокарбида кремния. В настоящее время развернуты работы по созданию в России производства светодиодов на кремниевой основе. Начаты работы по созданию тонкопленочного транзистора с высокой подвижностью носителей заряда (HEMT), пьезоэлектрических датчиков и датчиков ночного видения стабильно работающих в широком диапазоне температур. Развернуты работы по созданию высоко чувствительных пьезодатчиков и акустических мембран.

Теоретически предсказано и экспериментально подтверждено образование новой фазы Si, находящейся в состоянии «полуметалла» на границе раздела SiC(111)/Si(111). Образование Si в состоянии «полуметалла» на границе раздела SiC/Si (111) связано с большими, кратковременно возникающими (время импульса порядка 10^{-5} - 10^{-4} сек.) «импульсами сдвигания» при переходе Si в SiC. Показано, что давления сжатия, возникающие в тонком приграничном слое толщиной порядка нескольких нанометров, могут достигать величин порядка 200-250 GPa. Давления подобной величины приводят к образованию особых, ранее неизвестных, свойств границы раздела SiC(111)/Si(111).

Работа выполнена в рамках проекта Российского научного фонда № 20-12-00193.

Профессор



Лурье Сергей Альбертович

Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН
(г. Москва)

Васильев В.В., Лурье С.А.

Исследование прочности пластин с трещинами в терминах концентрации напряжений, определенных в нелокальной теории упругости

В последние годы широко обсуждается проблема сингулярностей в задачах теории упругости и механики трещин. Сингулярность решений для напряжений в линейной теории упругости исключает возможность применения критериев прочности тел с концентрацией напряжений. Альтернативные подходы, развиваемые с привлечением моделей когезионных зон, теории размерных эффектов, перидинамической теории упругости, теории критических раскрытий трещин, и т. д. привлекают большое внимание в последние десятилетия.

Градиентная упругость и нелокальная теория, используемая в данной работе (близкая к перидинамической теории) обеспечивает регуляризацию сингулярных решений дифференциальных уравнений теории упругости, позволяет описывать размерные эффекты и допускает возможность использования традиционных подходов к оценке прочности. В работе анализируется вариант обобщенной теории упругости, построенный с использованием техники нелокального дифференцирования, где решение краевой задачи расщепляется в случае статических краевых условий на последовательность решения классической упругости и краевой задачи для уравнения Гельмгольца. В общем случае, предлагается строить несингулярные решения для тензора напряжений через решения неоднородных обобщенных уравнений Гельмгольца для обобщенной функции напряжений. Этим решается проблема согласованности компонент обобщенных напряжений. При этом критерий разрушения формулируется в локальных напряжениях Коши. Рассматриваются изотропные и ортотропные материалы.

Предлагается концепция концентрации напряжений для механики трещин, которая позволяет прогнозировать и предельные напряжения для хрупких трещин и начало предела текучести для нехрупких материалов. Предлагаемый подход включает экспериментальное определение масштабного параметра модели среды, входящего в уравнения обобщенной теории, и вычисление коэффициента концентрации напряжения в окрестности конца трещины.

Делается попытка обработки известных результатов экспериментальных испытаний материалов с трещинами с использованием концепции концентрации напряжений и метода конечных элементов реализованного для градиентной теории упругости. Используются критерии разрушения для напряжений, которые имеют конечные значения во всей области, включая вершину трещины. Другими словами, стандартный метод оценки прочности по концентрации напряжений, используемый в классической теории упругости для тел с регулярной геометрии, переносится на тела с трещинами с учетом эффектов градиента деформаций. (Работа поддержана грантом РФФИ 19-01-00355).

Профессор



Мизонов Вадим Евгеньевич

Ивановский энергетический университет (г. Иваново)

Применение теории цепей Маркова к моделированию физико-химических процессов в сплошных и дисперсных средах

Изложены научные основы применения теории цепей Маркова к математическому моделированию процессов переноса в сплошных и дисперсных средах. Эта теория соприродна процессам переноса. Она изучает эволюцию распределения вероятностей состояний в некотором выбранном пространстве состояний. Задачей же моделирования процессов переноса является изучение эволюции распределения некоторого исследуемого свойства в некотором выбранном пространстве состояний этого свойства. При этом пространство изменения этого свойства разбивается на конечное число малых ячеек идеального перемешивания с равномерным распределением этого свойства внутри каждой ячейки. Это распределение описывается вектором состояния, а его эволюция – переходной матрицей (матрицей переходных вероятностей), которая является математическим образом исследуемого процесса или аппарата и строится по стандартным правилам. Несомненным достоинством этой стратегии является то, что весьма разнородные процессы моделируются на основе универсального алгоритма, доступного в инженерной практике. Приведены примеры использования теории к моделированию конкретных процессов: формирование многокомпонентных смесей разнородных дисперсных материалов, нелинейная теплопроводность в многослойной среде с фазовыми переходами в слоях и нелинейная теплопроводность в среде с подвижной границей (задача Стефана).

Профессор



Милейко Сергей Тихонович

Институт физики твердого тела РАН,
(г. Черноголовка, Московская обл.)

Композиты с металлической матрицей: современное состояние, нерешённые задачи, перспективы

Современное композитоведение обязано своим появлением композитам с металлической матрицей (КММ), послужившим А. Келли в середине 60-х годов прошлого столетия модельными материалами. Однако, родившись, по-видимому, несколько преждевременно, КММ далее ушли в

тень в результате всеобъемлющего, агрессивно-полезного распространения углепластиков (УП), обязанных своим рождением, во-первых, возникшему после работ Келли и его современников пониманию в научных, инженерных и в правительственных кругах России советского периода её Истории и стран по противоположную сторону железного занавеса, - пониманию необходимости замены в наиболее развитых и важных для общества областях техники (авиационной, ракетно-космической и др.) достигающих своего предельного уровня металлических сплавов (МС) принципиально новыми материалами, могущими обеспечить качественный скачок характеристик техники; во-вторых, изобретению в то же самое время процесса производства углеволокна путём переработки существовавших полимерных волокон.

Успехи в разработке композитов с керамической матрицей также способствовали этому «прозябанию» КММ в тени; они лишь изредка выходили в свет, в частности, боролуминий продемонстрировал свои уникальные возможности, например, при запуске первых спутников системы ГЛОНАСС, и, одновременно - слабости, связанные, главным образом, с дороговизной соответствующих армирующих волокон.

Сегодняшние «взаимоотношения» в паре КММ-УП напоминают о ситуации в паре УП-МС полвека назад: углепластики по уровню своего развития приближаются к металлическим сплавам и следующий качественный скачок в характеристиках жизненно-важных областей техники невозможен без скачка в характеристиках конструкционных материалов. Таковыми должны послужить волоконные композиты с металлической матрицей.

В докладе на примере композитов углеволокно-титановая матрица и оксидное волокно-молибденовая матрица, разрабатываемых в исследовательской группе автора, показываются (1) некоторые нерешённые задачи технологической механики композитов, (2) перспективы разработки новых КММ, (3) технологический, экономический и экологический эффект применения КММ-конструкций в авиационной и ракетно-космической технике.

Профессор

Носков Борис Анатольевич

Санкт-Петербургский государственный университет,
(г.Санкт-Петербург);



Поверхность жидкости в двадцать первом веке

Механика жидкости со свободной поверхностью неизбежно должна учитывать поверхностные свойства. Примерно до середины прошлого века единственной характеристикой жидкости, учитываемой в гидродинамических задачах, было поверхностное (межфазное) натяжение. Во второй половине двадцатого века стали рассматриваться задачи, в которых также необходимо учитывать поверхностные реологические свойства. Классический пример представляет задача о затухании поверхностных волн. Расчет коэффициента затухания без учета дилатационной поверхностной упругости приводит к значениям, в несколько раз меньшим экспериментально определяемой величины. В физической химии поверхностных явлений использование дилатационной поверхностной реологии позволило получить новую информацию о процессах в поверхностном слое растворов поверхностно-активных веществ. Для двадцать первого века характерно расширение арсенала экспериментальных методов химии поверхностных явлений и одновременно применение этих методов к более сложным системам, содержащим макромолекулы и наночастицы. Нано- и микрочастицы могут адсорбироваться из объемной фазы, но могут и самопроизвольно образовываться на межфазной границе, приводя к новым эффектам, влияющим на течение жидкости. С другой стороны, интерпретация экспериментальных результатов, в частности, по эффективному поверхностному натяжению и поверхностной реологии оказывается более сложной. Планируется представить краткий обзор результатов последних лет по свойствам адсорбционных и нанесенных поверхностных нано-и микрогетерогенных пленок на границе жидкость-газ.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проект № 18-29-19100 мк).

Профессор



Плурабо Франк

Институт механики жидкостей Тулузы, Франция

Последние разработки в области анализа ионного ветра

Ионный ветер представляет интерес для нескольких прикладных задач, таких как электростатические фильтры, газовые насосы, анализаторы частиц, миниатюрные тепловые охладители, электрофотосъемка и совсем недавно аэроэлектродинамическая (AED) двигательная установка. Во время этой презентации будет впервые представлен краткий обзор последних достижений в этой области, особенно в области пропульсивных установок.

С позиций фундаментальных исследований в докладе будет также обсуждаться физика коронного разряда и его моделирование.

Затем будут представлены некоторые новые результаты моделирования, связанные с двумя различными подходами. С одной стороны, применение приближения Капцова к излучателям позволяет моделировать дрейф-области, используя самонастраивающуюся стратегию измельчение сетки в рамках конечно элементной программы решения, что позволяет исследовать множество конфигураций излучателей/коллекторов. Этот подход, хотя и приближенный, уже дает интересные прогнозы для основных параметров представляющих интерес, т.е. прогнозируемого тока и силы тяги. С другой стороны, новый подход, основанный на многополярном разложении фотоионизационного ядра, позволяет свести задачу по моделированию области коронного разряда/дрейфа к двум локальным (нелинейным) связанным задачам. Будут приведены некоторые примеры связанных решений и их сравнение с аппроксимацией Капцова для эмиттеров. Перспективы для этих областей будут обсуждены в конце презентации.

Профессор



Прауд Уильям

Институт ударных волн, Имперский колледж,
Великобритания

У.Г. Прауд, Г. Теар, Д. Сорей, С. Ранкин и К. Браун

Динамическая реакция нелинейных материалов: Повреждения в биологических и инженерных материалах

В данной презентации будет рассмотрен вопрос об измерении повреждений в трех типах материалов, процесс нанесения повреждения и последствия каждого из них. Материалы поступают из различных источников и неоднородны по своей природе. Цемент, где микротрещины, вызванные микроволнами, оказывают заметное влияние на динамическую прочность. Полимеры, где сочетание скорости деформации, температуры и структуры вызывают сложную прочностную и деформационную реакцию и, наконец, нагрузка на человеческие стволовые клетки (STEM), где давление, скорость деформации и окружающая среда оказывают заметное влияние. В каждом случае акцент будет сделан на необходимость учитывать способ необходимых измерений, адаптацию систем нагружения и то, как измерения могут быть использованы для характеристики нелинейных материалов.

Профессор

Севостьянов Игорь

Университет штата Нью-Мексико, США



Эффективные свойства гетерогенных материалов в зависимости от их микроструктур и перекрестных свойств

Основное внимание в презентации уделено правильной количественной характеристике микроструктур неоднородных материалов в контексте моделирования их эффективных свойств. Это широкая тема, охватывающая различные физические свойства (упругие, тепловые, электрические и др.), а также различные типы микроструктур. Соответствующие микроструктурные параметры должны корректно отображать вклад индивидуальной неоднородности в рассматриваемое свойство. Они могут различаться для различных физических свойств. Ключевой задачей является идентификация указанного индивидуального вклада. Возможность образования явных перекрестных связей свойств, которые связаны с изменениями различных физических свойств, вызванных различными неоднородностями (трещины, поры, включения), зависит от возможности выражения двух свойств через одни и те же или аналогичные микроструктурные параметры. Практическая польза перекрестных связей заключается в том, что одно физическое свойство (скажем, электропроводность) может быть легче измерено, чем другое (скажем, анизотропные упругие константы). Это позволяет обойти трудности при выражении

упругих свойств на основе соответствующей микроструктурной информации (которая, кроме того, может быть недоступна). Такие связи полезны также при проектировании микроструктур для комбинированных проводящих/механических характеристик и при мониторинге накопленных повреждений. Обсуждаются также возможности перекрестных связей с учетом параметров прочности и пластичности. Теоретические результаты проиллюстрированы многочисленными приложениями, недавно разработанными в Центре микромеханики Университета штата Нью-Мексико.

Член-корреспондент РАН, профессор



Тучин Валерий Викторович

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского (г. Саратов);

Лаборатория лазерной диагностики технических и живых систем, Институт проблем точной механики и управления РАН (г. Саратов);

Междисциплинарная лаборатория биофотоники, Национальный исследовательский Томский государственный университет (г. Томск);

Лаборатория ФемтоМедицины, Университет ИТМО (г. Санкт-Петербург);

Федеральный научный центр Биотехнологии РАН (г. Москва)

Оптическое просветление биологических тканей: на пути к мультимодальной медицинской диагностике

В лекции будет дано краткое описание оптики биологических тканей, концепции «окон прозрачности биотканей» и метода оптического просветления (ОП), основанного на контролируемой и обратимой модификации структурных и оптических свойств ткани путем ее иммерсии в биосовместимых оптических просветляющих агентах (ОПА). Будут представлены основы и механизмы ОП, позволяющие существенно повысить качество оптической визуализации и эффективность лазерного воздействия на живые объекты. Будет проанализирован перенос воды в тканях и изменение их свойств под действием ОПА, включая обратимое обезвоживание и усадку, баланс свободной и связанной воды. Увеличение глубины зондирования (или воздействия) и контраста оптического, КТ и МРТ изображения для различных тканей человека и животных, включая кожу, склеру глаза, твердую мозговую оболочку, ткани мозга, миокард, мышечную ткань, хрящевую и костную ткани, кровь и др. ткани, будет продемонстрировано на примерах исследований с использованием спектрофотометрии, ОКТ, фотоакустической микроскопии, линейной и нелинейной флуоресценции, ГВГ и КР микроскопии и динамической спекл-визуализации полного поля. Будут представлены экспериментальные данные по коэффициентам диффузии и проницаемости глюкозы, глицерина, ПЭГ, Omnipaque, Gadovist, альбумина и других ОПА для нормальных и патологических тканей. Будут обсуждены перспективы использования иммерсионного ОП/контрастирования для улучшения визуализации живых объектов с использованием различных методов визуализации, работающих в сверхшироком диапазоне длин волн от возбуждения пучками свободных электронов (черенковское излучение) до терагерцевых волн.



Профессор

Чупахин Александр Павлович

Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева
СО РАН (г. Новосибирск)

Геометрия и энергетика моделей гемодинамики и роста мозга

В докладе будет рассказано о геометрическом и энергетическом подходах к исследованию гемодинамики церебральных сосудов и росту мозга плода человека. Основой для анализа гемодинамики церебральных сосудов являются данные внутрисосудистого мониторинга

кровотока, разработанного совместно с медиками Федерального медицинского центра Клиника им. Ак. Мешалкина. Важным результатом этого мониторинга является разработка и использование диаграмм “давление-скорость” ($p-v$), характеризующих релаксационные колебания гидроупругой системы “поток крови-упругая стенка сосуда” как в норме, так и при наличии аномалии. Разработан вычислительный комплекс для расчета такой гидроупругой системы. При расчете с использованием этого комплекса системы, моделирующей сосуд с аневризмой и дивертикулом (маленькой субаневризмой), получено совпадение с реальными ($p-v$) данными нейрохирургического мониторинга. Показана роль различных энергетических характеристик системы: энергий кинетической, вязкой диссипации, изгибания.

Выполнена обработка и анализ клинических данных магнито-резонансной томографии мозга плода человека, полученных в Томографическом центре СО РАН. Обнаружены базисные закономерности роста мозга плода в норме: линейный закон роста, разделение структур мозга на три группы по значениям скоростей роста, высокая степень корреляции скоростей роста для пар структур во втором триместре развития и большая индивидуализация в третьем.

Обсуждаются вопросы взаимосвязи геометрии структур мозга плода, таких как мозолистое тело и мозжечок, с изопериметрическим отношением (куб площади к квадрату объема) и энергией Уиллмора-Хеллфриха.

Член-корреспондент РАН



Ломакин Евгений Викторович

МГУ имени М.В. Ломоносова (г. Москва)

Ломакин Е.В., Федулов Б.Н.

**Зависимость характеристик предельного
состояния тел от условий нагружения**

Сопротивление многих материалов пластическому деформированию зависит от вида внешних воздействий. Это связано с тем, что механизмы необратимого деформирования материалов включают не только механизмы скольжения дислокаций, но также развитие существующих дефектов и образование новых нарушений сплошности в структуре материалов, перемещение структурных элементов и другие внутренние процессы. При этом пластическое деформирование сопровождается необратимым изменением объема.

Для исследования пластического деформирования и предельного состояния тел, обладающих такими свойствами, предложено условие пластичности в соответствующем обобщенном виде с использованием параметра вида напряженного состояния, представляющего собой отношение гидростатической компоненты напряжения к эквивалентному напряжению Мизеса, характеризующему, в среднем, соотношение между нормальными и касательными напряжениями в среде, названному в литературе трехосностью напряжений.

Данное условие пластичности включает известные условия пластичности, такие как условие Губера – Мизеса, условие Друкера – Прагера, условие Грина. Согласно ассоциированному закону течения, скорость остаточной объемной деформации пропорциональна эквивалентной скорости деформации с коэффициентом пропорциональности, зависящем от параметра вида напряженного состояния, т.е. принимающем различные значения для разных условий нагружения. Особенности пластического деформирования рассматриваемого класса материалов проиллюстрированы применительно к условиям плоской деформации. В рамках жесткопластической модели получены решения ряда краевых задач для полос с вырезами, о действии штампов на поверхности тела. Получены аналитические выражения для значений предельных нагрузок в зависимости от геометрических параметров тел и степени чувствительности их свойств к виду напряженного состояния. Установлено, что значения предельных нагрузок зависят от степени чувствительности свойств тел к виду напряженного состояния и существенно отличаются от значений, полученных в предположениях о пластической несжимаемости материалов и инвариантности их свойств к условиям нагружения. При этом расчеты с использованием упругопластической модели показали, что учет упругих деформаций не оказывает заметного влияния на значения предельных нагрузок.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 20-01-00356).



Член-корреспондент РАН

Пухначев Владислав Васильевич

Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН
(г. Новосибирск)

Мелешко С.В., Пухначев В.В.

Уравнения пограничного слоя в динамике полимерных растворов

Необычные свойства, которые обнаруживаются в движении воды при внесении в нее небольшого количества растворимого полимера, существенно проявляются в пограничном слое вблизи обтекаемых твердых поверхностей. В докладе формулируются уравнения плоского нестационарного ламинарного пограничного слоя для двух моделей в динамике полимерных растворов – модели Павловского и модели Ривлина – Эриксона. Изучаются качественные свойства указанных моделей на основе их точных решений. Обе указанные модели содержат единственный эмпирический параметр – нормализованный коэффициент релаксационной вязкости κ с размерностью квадрата длины. Величина $\kappa^{1/2} / \delta$, где δ – толщина пограничного слоя Прандтля, показывает относительный вклад релаксационного фактора в динамику процесса. Модель Павловского обладает очень богатыми групповыми свойствами, подобно классической модели Прандтля. Характерной особенностью модели Ривлина – Эриксона, в отличие от модели Павловского, является зависимость давления в пограничном слое от вертикальной координаты. Подтверждение этой зависимости или ее отсутствия в эксперименте могло бы служить аргументом в пользу выбора одной или другой конкурирующих теоретических моделей.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (код проекта – 19-01-00096).