

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МЕХАНИКИ АН СССР СЕМИНАРЫ

**Семинар по механике систем твердых тел и гироскопов
под руководством А. Ю. Ишлинского, Д. М. Климова, Е. А. Девянина**

24 I 1980. В. Е. Езовских (Москва) *О стационарных решениях дифференциальных уравнений, получаемых при помощи метода усреднения.*

Теорема Банфи о норме расхождения между точным решением системы дифференциальных уравнений и решением соответствующей усредненной системы на бесконечном интервале времени обобщается на случай, когда начальные условия этих решений близки по норме. Рассмотрен вопрос об устойчивости решений.

28 I 1980 В. М. Воробьев, Ю. Ф. Лазарев, П. С. Мироненко, В. В. Шервашидзе (Киев) *О погрешностях гироскопаса с управляемым чувствительным элементом на вибрирующем основании.*

Рассмотрена возможность значительного уменьшения интеркардинальной девиации маятникового однороторного гироскопаса, вызванной горизонтальными колебаниями основания, за счет введения достаточно большого демфирующего или восстанавливающего момента по азимутальной координате. Показано, что при наложении на чувствительный элемент указанных выше управляющих моментов, осуществляющих достаточно сильную связь его с корпусом прибора, появляются дополнительные систематические погрешности, обусловленные одновременным действием угловых колебаний основания в горизонтальной плоскости и поступательной вибрации основания в направлении, перпендикулярном оси вращения гироскопа.

4 II 1980. В. Б. Бальмонт, Т. П. Соболева, С. А. Харламов, Л. Г. Чхартишвили (Москва) *Системный анализ вибрации роторов на шариковых подшипниках.*

Рассматривается механическая система, состоящая из твердого ротора и пары радиально-упорных шариковых подшипников с предварительным осевым натягом, на неподвижном основании. Подшипники считаются геометрически неидеальными. В соответствии с методикой системного анализа объект исследования разделяется на три иерархических уровня сложности: контактная группа, шариковый подшипник, ротор и подшипники. Построены физические и математические модели контактной группы, подшипника и системы, состоящей из ротора и подшипников, и сформулированы основные практические задачи, которые можно решать с использованием предложенных моделей. В качестве аналитического аппарата использован матричный подход к анализу вибрации ротора позволяет учитывать большое число параметров задачи и представлять их в обозримой форме.

18 II 1980. Р. Канапенас (Каунас) *Исследования динамики виброопор с механическим контактом, возбуждаемых высокочастотными колебаниями.*

Приведен анализ результатов теоретического и экспериментального исследования динамических процессов, происходящих в виброопорах с механическим контактом, которые возбуждаются высокочастотными колебаниями. Выявлены зависимости постоянной и переменной составляющих динамических сил сопротивления движению и совершаемой ими работы, частоты и продолжительности контактирования и отскока подвешиваемых масс в виброопорах от параметров высокочастотных колебаний гармонической, полусинусоидальной и пиковой форм. Получены опытные динамические характеристики виброопор, работающих в газовой и жидкостной средах и вакууме, подтверждающие теоретические результаты. На основе анализа теоретических и экспериментальных результатов исследований разработаны новые способы и схемы управления высокочастотными колебаниями опор.

3 III 1980. Л. Г. Хазин (Москва) *Об устойчивости стационарных решений общих систем дифференциальных уравнений в окрестности критических случаев.*

Приведен перечень критериев устойчивости для всех критических случаев степени вырождения не выше трех. Сформулированы эталонные теоремы об устойчиво-

сти и неустойчивости вблизи критических случаев. Указаны опасные границы и величины опасных возмущений. Рассмотрен вопрос о возможности резонансной стабилизации системы осцилляторов.

24 III 1980. С. И. Губаренко, Ю. Г. Мартыненко (Москва) *Движение электростатического гироскопа при импульсном управлении потенциалами электродов.*

Рассматривается гироскоп с электростатическим подвесом шарового несбалансированного ротора, имеющего ось динамической симметрии. Система уравнений, описывающая подвес ротора, представляет собой линейную импульсную следящую систему.

Наличие в уравнениях движения гироскопа малого параметра позволяет выделить быстрые и медленные переменные в движении ротора. Разделение быстрых и медленных составляющих движения проводится с помощью общей схемы усреднения. Для анализа быстрых движений ротора используется метод исследования стационарных систем с альтернированием. Выведены уравнения для определения механических скоростей вращения и условие устойчивости нутационных колебаний гироскопа. Получены формулы для оценки амплитуды биений ротора. Рассмотрен конкретный пример импульсного управления.

14 IV 1980. Ю. И. Ханукаев (Москва) *Алгоритм анализа механической системы для ЦВМ.*

Разработан алгоритм анализа структуры механической системы, необходимый для составления математической модели системы с помощью ЦВМ. Механическая система описывается графом, вершины которого — твердые тела, а ребра — кинематические пары. Выделяются циклы, рассматриваются различные варианты приведения системы к разомкнутому виду. Для каждой вершины перечисляются все ее ребра. Для каждого ребра перечисляются все вершины, от которых путь к отмеченной вершине проходит через выделенное ребро. Определяются пути от каждой вершины к опорной. Показано, как эта информация используется в ЦВМ при составлении математической модели механической системы. Обсуждаются расчетные формулы, организация массивов данных и последовательность действий.

Поскольку результаты анализа динамики и цель управления системой необходимо формулировать в физических координатах, выводятся канонические уравнения в зависимых координатах. Для системы связанных твердых тел в качестве таких координат выбраны координаты центра масс и параметры Эйлера — Родрига — Гамильтона каждого тела системы.

19 V 1980. А. И. Меняйлов (Москва) *Нелинейные гидроупругие колебания двойного маятника.*

Рассмотрены виброударные движения двойного маятника, находящегося в узком канале и возбуждаемого ламинарным потоком несжимаемой вязкой жидкости. При исследовании используется метод усреднения в сочетании с методом негладких преобразований фазовых координат для случая не абсолютно упругого удара.

Найдены одночастотные автоколебательные режимы движения и ударные импульсы взаимодействия маятников со стенками канала.

26 V 1980. Н. Е. Егармин (Москва) *Динамика упругого тела, по форме близкого к шару.*

Исследуется задача о свободном вращении упругого твердого тела вокруг центра масс. Рассматриваются два случая: тело представляет собой эллипсоид вращения; тело является произвольным эллипсоидом. Выявлен ряд эффектов, не имеющих места в случае абсолютно твердого тела. Доказана теорема, расширяющая результат теоремы Пуанкаре — Бендиксона на случай системы дифференциальных уравнений третьего порядка, имеющей первый интеграл, гомеоморфный сфере.

26 V 1980. Г. Г. Денисов, В. В. Новиков (Горький) *Свободные прецессионные движения упругого эллипсоида.*

Найдены и проанализированы уравнения прецессионных движений свободно вращающегося упругого эллипсоида. Определены напряжения и деформации эллипсоида, вращающегося произвольным образом. В случае отсутствия диссипации найдены интегралы движения. Исследованы уравнения малых колебаний вращающегося эллипсоида с учетом упругости и внутреннего трения.

Е. А. Привалов

**Семинар по теории оптимального управления движением
под руководством Ф. Л. Черноусько и Г. К. Пожаряцкого**

24 I 1980. И. Ф. Верещагин (Пермь) *Аналитические модели иерархических динамических систем.*

Предлагается четырехуровневая структура сложных динамических систем (рабочий процесс, управление, регулирование и программно-логические устройства). Управляемые, регулируемые динамические системы рассматриваются как двух-трехуровневые иерархические системы — усеченные идеальные модели иерархии по уровням управления и регулирования. Аналитические модели этих систем выражаются дифференциальными уравнениями движения объектов нижних уровней и уравнениями балансирующего состояния их по координатам уровня сечения иерархии. Проведена оценка близости решений и стационарных значений функционалов. Установлено достаточное условие минимума стационарного значения функционала.

31 I 1980. А. П. Сейранян (Москва) *Дивергенция крыла с обратной стреловидностью.*

Исследованы уравнения, описывающие явление дивергенции крыла с обратной стреловидностью. В качестве упругой модели принята балочная схема крыла, для описания аэродинамических сил используется теория несущей полосы. С применением метода возмущений для произвольного крыла получена формула, связывающая критическую скорость дивергенции с основными характеристиками крыла. Эта формула позволяет проанализировать влияние отдельных параметров и распределений на критическую скорость дивергенции.

7 II 1980. А. С. Братусь (Москва) *Метод возмущений в задачах оптимального проектирования упругих пластинок переменной толщины.*

Излагается процедура расчета оптимальных упругих пластинок переменной толщины, находящихся под действием силы. В предположении, что толщина пластинки представляется формулой $h(x, y) = h_0 + \epsilon h_1(x, y)$, где h_0 — постоянная, а $|h_1(x, y)| \leq 1$, строится приближенное решение, отличающееся от оптимального на величину порядка квадрата возмущения по функционалу, представляющему средний интегральный прогиб. Доказаны оценки погрешности. Предлагаемый подход иллюстрируется на примере квадратной пластинки, опертой по краям.

14 II 1980. С. И. Богомолов, Э. А. Симсон (Харьков) *Оптимизация механических систем на резонансных режимах.*

Рассматриваются задачи оптимизации стержней и пластин в случае, когда критериями качества являются параметры вибрационного и напряженно-деформированного состояния в условиях резонанса. После решения уравнения резонансных колебаний в первом приближении при помощи асимптотических методов критерии оптимальности представляются в виде функционалов формы колебаний. Получены необходимые условия оптимальности в форме принципа максимума для общего вида краевых задач на собственное значение с функционалами, зависящими как от варьируемых функций, так и от собственных функций краевой задачи. Эти необходимые условия всегда описывают континуум оптимальных решений, соответствующих условному экстремуму функционала при «скользящей» стационарности собственного значения. Отмеченный факт позволяет решать задачи улучшения характеристик вибрационного и напряженно-деформированного состояния параллельно за счет отстройки от резонанса и оптимизации механической системы в резонансе.

Приводятся примеры решения задач оптимального проектирования в режиме резонансных колебаний (продольных и изгибных) при различных критериях качества.

28 II 1980. А. В. Григоров (Киев) *Минимаксное оценивание состояний и планирование эксперимента для систем с внутренними шумами.*

Рассмотрены задачи построения оптимальных в смысле минимакса линейных оценок состояний линейных динамических систем с мультипликативными шумами, у которых известны первые и вторые моменты или функции распределения, и аддитивными помехами, принимающими значения из некоторой наперед заданной области.

Получены рекуррентные алгоритмы минимаксной фильтрации и сглаживания, а также необходимые условия оптимальности управлений измерениями. Приводится пример.

6 III 1980. З. М. Гасанов (Днепропетровск) *Приближенное решение задачи синтеза оптимального управления системами с распределенными параметрами на основе неполного измерения.*

Как известно, для практической реализации синтезированных оптимальных управлений для систем с распределенными параметрами необходимо измерить состояние объекта в каждый момент времени в каждой точке области, которую занимает данный объект. Однако сделать эти измерения практически невозможно. В работе предлагается приближенный метод решения задачи синтеза оптимального управления системами с распределенными параметрами, когда состояние системы измеряется в каждый момент времени в отдельных изолированных точках. Дано обоснование этого метода для различных систем с распределенными параметрами. Предложена процедура применения метода последовательных приближений в сочетании с методом динамического программирования для решения задачи синтеза оптимального управления нелинейными распределенными системами при неполном и полном измерении.

6 III 1980. В. А. Карташев (Москва) *Динамика и управление движением шагающего аппарата с учетом распределения усилий в опорных ногах.*

Работа посвящена проблеме управления движением локомотивных робототехнических систем с учетом требуемого распределения опорных реакций. Проводится анализ динамики шагающего аппарата, строится алгоритм определения (идентификации) его динамических характеристик по допустимым во время движения измерениям, а также алгоритм реализации требуемого распределения реакций в опорных ногах. Проведено экспериментальное исследование работы алгоритма идентификации на математической модели шагающего аппарата, реализованной на ЭВМ. Построена упрощенная математическая модель шагающего аппарата и с помощью ЭВМ показана применимость этой модели для расчета опорных реакций при управлении шагающего аппарата по номинальной траектории.

13 III 1980. А. А. Спектор (Москва) *Исследование и решение некоторых классов пространственных контактных задач с проскальзыванием и сцеплением вариационным методом.*

Рассматриваются пространственные контактные задачи статики и стационарного качения при наличии трения, когда на площадках контакта реализуются области проскальзывания и сцепления, причем в точках этих областей выполняются нелинейные условия в форме равенств и неравенств, а граница между ними заранее неизвестна. Ищутся распределения на площадке контакта касательных напряжений трения $\tau(x, y)$ и скоростей проскальзывания $S(x, y)$ (относительных касательных смещений в случае статики). Рассматриваются случаи, когда функция S представляет собой результат применения к τ линейного интегрального оператора.

Исходные граничные задачи сводятся к эквивалентным вариационным задачам минимизации функционалов, зависящих от τ , причем $|\tau| \leq f$, где f задано. В случае качения минимизируемый функционал является недифференцируемым, в случае статики — квадратичным. Аналитически устанавливается качественный характер поведения решения и его интегральных характеристик. Исследуются вопросы существования и единственности. Строится численное решение вариационных задач, причем реализации проведены для случаев сложной кинематики контактирующих тел, характерной для подшипников качения.

20 III 1980. А. А. Меликян (Москва) *Оптимальное взаимодействие двух преследователей в игровой задаче.*

Рассмотрена задача простого преследования двумя точками с равными скоростями третьей точки, движущейся с меньшей скоростью. Построена цена игры в задаче преследования с точечной поимкой, выделена область, в которой наличие двух преследователей существенно. В предположении, что преследующие точки могут двигаться только в течение одного интервала времени заданной длины (например, вследствие ограниченности ресурса), исследована задача качества о возможности для убегающей точки пересечь отрезок, соединяющий преследователей в начальный момент, и уклониться от поимки.

27 III 1980. М. Л. Пивоваров (Москва) *Движение относительно центра масс искусственных спутников Земли научного назначения и определение их ориентации.*

Разработан аналитический алгоритм расчета движения ИСЗ относительно центра масс и вычисления изохронных производных, использующий модель вращения Эйлера — Пуансо. Предложена методика определения ориентации нестабилизированных ИСЗ с учетом гравитационного и магнитного моментов. Исследована эволюция вращения ИСЗ под действием возмущающего момента, постоянного в связанных осях (травление газа на борту). Предложена методика определения ориентации гравитационно-стабилизированных ИСЗ, использующая кинематическую модель движения вокруг центра масс. Рассмотрена задача о колебаниях гиростата в окрестности положения относительного равновесия на круговой орбите, при котором главные центральные оси инерции гиростата совпадают с осями орбитальной системы координат, а ось маховика ортогональна плоскости орбиты. Предполагается, что частоты малых поперечных колебаний ω_1, ω_2 ($\omega_1 \leq \omega_2$) и частота ω_3 колебаний в плоскости орбиты близки к резонансу $\omega_1 = \omega_3$.

10 IV 1980. Б. Н. Кифоренко (Киев) *К вопросу об оптимальном управлении движением тела переменной массы.*

Рассмотрена задача определения оптимального управления движением тела переменной массы в атмосфере. В отличие от классической постановки задачи при записи уравнений движения учтена возможность работы двигателя со скачками уплотнения внутри сопла. Построена регулировочная характеристика двигателя, представляющая зависимость тяги от расхода рабочего тела во всем диапазоне давлений в камере сгорания — от максимального до атмосферного, при котором тяга обращается в нуль. Показано, что оптимальное управление тягой — граничное, а участки движения с переменной тягой, оптимальность которых следует из классической постановки, реализуются как участки скользящего режима работы двигателя. Обсуждается дальнейшее уточнение математической модели, при котором оптимальным оказывается практически реализуемый режим с конечным числом переключений.

17 IV 1980. И. Б. Солодников (Пермь) *Управление технологическими процессами целлюлозно-бумажной промышленности.*

Обсуждается проблема создания автоматизированных систем управления технологическими процессами в целлюлозно-бумажной промышленности. Рассматривается задача разработки управляющего алгоритма для бумагоделательной машины. Цель — обеспечение заданного уровня параметров, характеризующих технологический процесс. Математической моделью функционирования бумагоделательной машины является система дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом. Предложен алгоритм управления, состоящий из блока идентификации характеристик управляемой системы, и блока регулирования параметров, значения которых необходимо поддерживать на заданном уровне. В блоке идентификации использован метод наименьших квадратов, а управление регулируемыми параметрами производится при помощи метода, разработанного А. А. Красовским в рамках теории аналитического конструирования регуляторов.

27 IV 1980, 8 V 1980, 15 V 1980. Г. П. Пожарицкий (Москва) *Игровые задачи с плоскостью симметрии, содержащей особые множества.*

Рассматривается игровая задача управления двумя объектами, движение которых в отсутствие управляющих воздействий описывается линейными дифференциальными уравнениями. Каждый объект имеет три управляющих функции, у которых ограничены модуль, интеграл от модуля и интеграл от квадрата соответственно. Предполагается, что существует плоскость в пространстве координат игроков, относительно которой игровая задача с платой, являющейся расстоянием между игроками в заданный момент времени, имеет симметрию. Предполагается также, что эта плоскость содержит все сингулярные множества игры. При описанных условиях задача сводится к задаче о максимине функции конечного числа переменных.

Рассмотрены некоторые конкретные игровые задачи. Решена игровая задача об управлении движением двух материальных точек в центральном поле, когда платой является полярный угол между объектами. Рассмотрено также обобщение известной задачи Дж. Литавида «Лев и человек». Предполагается, что лев движется по арене, а человек — по ее границе; платой является расстояние между объектами. Построены сингулярные множества и показано, что упомянутый выше максимин функции конечного числа переменных есть цена игры. Указано множество, в котором этот максимин совпадает с программным максимином Н. Н. Красовского.

22 V 1980. А. П. Серебровский (Москва) *Оптимизация наблюдений и регуляризация в стохастических задачах управления по неполным данным.*

Рассматривается задача оптимального сочетания управлений движением динамической системы и наблюдением за ее координатами в случае, когда оба вида управления выбираются из класса функционалов, зависящих от результатов измерений, а критерий качества включает плату за произведенные измерения. В предположении, что матрица ковариаций шумов в наблюдениях и матрица платы за управляющее воздействие в квадратичном по управлению члене критерия качества является невырожденными (несингулярными), доказываются разделимость исходной задачи оптимизации на две, и при этом устанавливается достижимость точной нижней грани функционала потерь на детерминированном управлении наблюдениями, а также находится явный вид оптимального управления состоянием системы. С использованием идей регуляризации исследуются возможности решения поставленной задачи в случаях вырождения или плохой обусловленности указанных выше матриц.

29 V 1980. Ю. А. Арутюнов, А. Е. Осовский (Москва) *Об оптимальном управлении пограничным слоем.*

Рассматриваются задачи оптимизации способа отсоса жидкости из пограничного слоя, предотвращающего наступление критических режимов: перехода ламинарного течения в турбулентное или его отрыва. Минимизируется мощность, потребляемая в процессе отсоса. Показано, что в зависимости от исходных параметров задачи оптимальное решение может включать только участок «свободной» экстремали или «выходить» на ограничение. Получено аналитическое решение задачи для случая ламинаризации пограничного слоя на плоской пластинке. Произведен численный расчет оптимального отсоса, предотвращающего отрыв течения Хоурта. Приведено решение задачи для случая минимизации расхода отсасываемой жидкости. Показано, что для этого случая осуществляется «движение» вдоль ограничений, а «особый» режим в области течения невозможен.

19 VI 1980 Г. Г. Егян (Ереван) *Некоторые задачи управления при неполной информации.*

Доклад посвящен задачам оптимального управления в условиях неопределенности, моделируемой случайными процессами.

Рассмотрена задача об оптимальном управлении нелинейной системой, слабо возмущаемой белым шумом (член, описывающий возмущение, содержит малый параметр), в случае интегрального квадратичного критерия качества. Предложен алгоритм приближенного построения синтеза оптимального управления методом разложения по малому параметру. Получены оценки погрешностей (по функционалу) для нулевого и первого приближений. Проведенное исследование обобщает результаты, полученные ранее Ф. Л. Черноусько и А. И. Соляником для линейных систем. В качестве примера решена задача управления движением твердого тела вокруг неподвижной точки.

Рассмотрена задача об управлении движением материальной точки, возмущаемой белым шумом, с целью максимизации вероятности приведения в окрестность начала координат. Для решения задачи применен метод динамического программирования. Уравнение Беллмана решалось численно на ЭВМ.

Решена задача об оптимальном быстродействии для системы, подверженной случайным возмущениям пуассоновского и гауссовского типов.

Н. Н. Болотник

Семинар по механике оболочек и пластин
под руководством С. А. Алексева, А. Л. Гольденвейзера, В. И. Феодосьева

26 IX 1979. А. Д. Лизарев (Гомель) *Структуры спектров собственных частот трехслойных и однородных сферических оболочек.*

Обсуждаются результаты исследования свободных колебаний сферических оболочек: трехслойных металлополимерных, трансверсально-изотропных, анизотропных, а также изотропных, колебания которых описываются теориями типа Тимошенко и классической. Рассмотрены частотные спектры оболочек в широком интервале изменения частот, геометрических параметров и числа узловых меридианов форм колебаний. Изучены колебания очень тонких оболочек, в частности колебания со сверхнизкими частотами. Частотное уравнение как у трехслойных, так и у однородных

тонких сферических оболочек с различными граничными условиями распадается на два независимых приближенных уравнения, одно из которых соответствует безмоментным, другое — преимущественно изгибным колебаниям. Рассмотрены количественная и качественная структуры спектров. Кроме существенного сгущения частот в окрестности некоторой точки отмечена последовательность локальных зон сгущения.

17 X 1979. Г. Г. Денисов, В. В. Новиков (Горький) *К теории устойчивости упругих оболочек.*

Предложен еще один подход к определению в практических расчетах допустимых нагрузок на упругие оболочки, базирующийся на существовании у ряда таких систем внутренних резонансов. Нагрузка, начиная с которой возможно нарушение устойчивости, определяется по результатам исследования линеаризованной задачи и отвечает первому совпадению частот колебаний оболочки, соответствующих различным формам.

В качестве примеров рассмотрены задачи устойчивости сферической оболочки, находящейся под гидростатическим давлением, и цилиндрической оболочки; сжатой в осевом направлении. Проведено сравнение результатов с известными экспериментальными данными.

31 X 1979. Л. Ю. Поверус (Таллин) *Исследование волн деформации в пластинках и оболочках.*

Исследуются волновые процессы деформации в пластинках и оболочках, находящихся под действием кратковременных или ударных нагрузок. В качестве исследуемых объектов рассматриваются однородные изотропные и анизотропные пластины, многослойные пластины, а также однородные и многослойные цилиндрические и сферические оболочки. Цель работы — разработка математических моделей и методов расчета для теоретического и численного исследования упомянутых выше объектов, а также получение возможно более широкой и объемистой информации о волновых полях.

14 XI 1979. П. Е. Товстик (Ленинград) *О колебаниях и устойчивости оболочек вращения знакопеременной кривизны.*

Рассматривается оболочка вращения, образующая которой имеет точку перегиба, вследствие чего меняется знак гауссовой кривизны срединной поверхности. Исследуется нижняя часть спектра при свободных колебаниях, а также задача о потере устойчивости безмоментного осесимметричного напряженного состояния такой оболочки. Пусть края оболочки закреплены таким образом, что одни лишь тангенциальные закрепления препятствуют изгибаниям срединной поверхности. Тогда искомое напряженно-деформированное состояние реализуется при большом числе волн в окружном направлении.

При сделанных предположениях построены асимптотические разложения четырех главных интегралов системы в окрестности точки поворота, которая совпадает с точкой перегиба образующей. В этой точке поворота совпадают четыре корня характеристического уравнения, в то время как вне ее уравнение имеет попарно тождественно равные корни. Построенные интегралы используются для исследования частотных уравнений при различных условиях закрепления оболочки. Прослеживается связь между снижением наименьшей частоты колебаний и псевдоизгибаниями срединной поверхности.

24 XI 1979. С. А. Христочевский (Москва) *К анализу колебаний цилиндрической оболочки в жидкости.*

Рассматриваются вопросы расчета свободных и вынужденных колебаний круговой цилиндрической оболочки в идеальной сжимаемой жидкости при помощи метода конечных элементов (МКЭ).

Предлагается использовать для решения гидродинамической задачи представление потенциала скоростей возмущения жидкости в виде потенциала поверхностных источников, распределенных по поверхности оболочки. Плотность источников аппроксимируется по методу конечных элементов. При построении модели оболочки используется процедура редукции, что позволяет уменьшить число степеней свободы, приходящиеся на узел. Получено численное решение для ряда частот вынужденных колебаний оболочки в жидкости. Также рассмотрены свободные колебания оболочки в жидкости. В этом случае решение находится методом последовательных приближений. Результаты расчета хорошо согласуются с другими методами.

28 XI 1979. А. Г. Асланян, Д. Г. Васильев, В. Б. Лидский (Москва) *Колебания тонких оболочек, взаимодействующих с жидкостью.*

Рассматриваются свободные колебания тонкой упругой оболочки, либо заполненной идеальной сжимаемой жидкостью (задача А) либо погруженной в жидкость (задача В). Задача А укладывается в схему, охватываемую общей теорией сопряженных дифференциальных операторов с дискретным спектром. Она порождает ортонормированный базис собственных форм $u_1^{(n)}(\alpha_1, \alpha_2)$, $u_2^{(n)}(\alpha_1, \alpha_2)$, $u_3^{(n)}(\alpha_1, \alpha_2)$, $\psi^{(n)}(x_1, x_2, x_3)$ колебаний ($\psi(x_1, x_2, x_3)$ — потенциал перемещений жидкости).

Особое место отводится исследованию пристеночных колебаний. Соответствующие частоты составляют нижнюю часть спектра системы оболочка — жидкость. Найдена асимптотическая формула для плотности частот этой части спектра. Если оболочка не имеет краев, то удается написать два члена в асимптотическом разложении при $h \rightarrow 0$. Задача В (при $|x| \rightarrow \infty$ ставится условие изучения) — несамосопряженная. Сдвиг частот в комплексную область относительно мал. В этом случае также удается описать распределение частот в нижней части спектра. В случае замкнутых оболочек вращения результаты существенно усиливаются.

19 XII 1979. Р. Е. Гейзен (Пермь) *Неклассические модели сборных оболочечных конструкций с полосовыми ослаблениями.*

Проведен обзор результатов автора по теории сборных пластин и оболочек с полосовыми ослаблениями. Изложена классификация сборных пластин и оболочек. Детально рассмотрена теория оболочек с неполными связями. Выделено три класса моделей: оболочки с неполными радиальными связями в одном из главных направлений (конструктивно полубезмоментные), с неполными тангенциальными связями (полумембранные) и оболочки с неполными радиальными и тангенциальными связями, соответствующими друг другу в смысле статико-геометрической аналогии Лурье — Гольденвейзера (полубезмоментные — полумембранные). Рассмотрены принципы построения неклассических моделей, асимптотический анализ однородных уравнений изгиба и устойчивости круговых цилиндрических оболочек с неполными связями. Выявлены напряженные состояния, не имеющие аналогов в теории обычных оболочек.

27 II 1980. А. Р. Сковорода (Москва) *Динамические задачи об изгибе и вырубке пластических пластин.*

Рассмотрены два типа задач динамики пластических пластин с учетом как изгибных, так и сдвиговых деформаций. Для этого использовано кусочно-линейное трехмерное условие текучести, учитывающее влияние поперечных сил.

В первом случае рассмотрены свободно опертые круглые сплошные и кольцевые пластины под действием равномерно распределенной нагрузки. Показано, что учет влияния поперечных сил снижает величину максимальных остаточных прогибов, сближая теоретические и экспериментальные результаты.

Во втором случае дано решение задач о вырубке отверстий в круглых и бесконечных пластинках жесткими ударниками различного профиля. В случае удара цилиндром проведено сравнение с данными известных экспериментов. Обнаружено хорошее совпадение результатов.

26 III 1979. В. И. Гуревич, В. С. Калинин (Ленинград) *Оболочки вращения, деформирующиеся строго без изгиба под действием равномерного давления.*

Из условия отсутствия углов поворота нормалей к срединной поверхности составлено дифференциальное уравнение относительно главных радиусов кривизны. Точные интервалы определяют такие формы меридианов, при которых параметры кривизны во всех точках срединной поверхности равны нулю, если оболочка нагружена равномерным давлением.

Обнаружено бесконечное семейство безызгибных оболочек, которое включает в себя сферу и цилиндр. Сфера является границей, отделяющей замкнутые от незамкнутых безызгибных оболочек.

Безызгибные оболочки существенно расширяют возможности создания оптимальных оболочечных конструкций.

16 IV 1980. Л. С. Срубщик (Ростов-на-Дону) *О выпучивании пластин и оболочек с начальными несовершенствами.*

Представлено исследование потери устойчивости и начального послекритического поведения упругих консервативных геометрически нелинейных пологих оболочек и пластин с малыми несовершенствами в срединной поверхности. Основное внимание уделено анализу выпучивания по многим собственным формам. В случае неосесимметричного выпучивания оболочек вращения под действием осесимметричной нагрузки дано полное решение задачи. Найдены асимптотические представления новых смежных равновесий и построены поверхности критических нагрузок как функций параметров, характеризующих начальные несовершенства. Приведены соответствующие результаты численных расчетов на ЭВМ.

23 IV 1980. А. И. Маневич (Днепропетровск) *Устойчивость подкрепленных цилиндрических оболочек при конечных перемещениях с учетом локального выпучивания ребер.*

Решена нелинейная задача устойчивости сжатой цилиндрической оболочки, подкрепленной тонкостенными продольными ребрами прямоугольного сечения. Постановка задачи связана со значительными расхождениями между теоретическими и экспериментальными результатами. В отличие от прежних работ учитывается локальное выпучивание как обшивки, так и ребер без использования приближенных моделей ребра. Ребро рассматривается как пластина, причем нелинейные уравнения ее учитывают вращение элемента вокруг нормали. Главные нелинейные эффекты определяются по составляющим третьей степени в функционале энергии на основе предварительного точного решения линейной задачи устойчивости.

14 V 1980. А. Л. Радовинский (Москва) *Об асимптотических методах в теории колебаний оболочек, взаимодействующих с жидкостью.*

В рамках применимости классической двумерной теории рассматривается линейная задача свободных и вынужденных колебаний тонких упругих оболочек, взаимодействующих с идеальной сжимаемой жидкостью. Асимптотическим методом, основанным на растяжении масштабов, проводится классификация однородных и частных интегралов задачи. Полученные интегралы используются для построения решений краевых задач. Дается классификация свободных колебаний, приводятся соответствующие асимптотики, учитывающие различие физико-механических свойств материала оболочки и жидкости. Проводится сравнение с аналогичными результатами для колебаний оболочек в вакууме.

Излагаются приближенные методы исследования вынужденных колебаний и соответствующие асимптотики решений в зависимости от частоты и изменчивости вынуждающей нагрузки.

Методом экспоненциальных представлений строится решение задачи неосесимметричных, квазиперечных, свободных колебаний, замкнутых в вершинах оболочек вращения, заполненных жидкостью.

21 V 1980. Н. В. Рогачева (Москва) *Соотношения пьезоупругости пьезокерамических оболочек.*

Методом асимптотического интегрирования системы дифференциальных уравнений, содержащей малый параметр, выполнено сведение трехмерных уравнений электроупругости к двумерным уравнениям пьезокерамических оболочек. Рассмотрены различные виды предварительной поляризации материала оболочки. Показано, что в случае толщинной поляризации имеют место уравнения состояния такого же типа, как и в классической теории оболочек. Если же материал оболочки поляризован вдоль одного из семейств координатных линий срединной поверхности, то полученные соотношения электроупругости качественно отличаются от соотношений упругости неэлектрических оболочек.

28 V 1980. Г. И. Литинский (Москва) *Исследование дисперсии стационарных волн на оболочках, моделирующих пневматические шины.*

В качестве расчетной модели радиальной шины использована моментная оболочка вращения, начальное напряженное состояние которой, вызванное действием внутреннего давления и центробежных сил, считается безмоментным.

Для диагональной шины в качестве расчетной модели принята безмоментная сетчатая оболочка. Критическая скорость качения пневматической шины определяется как минимальная фазовая скорость распространения стационарных волн.

Для определения минимальной фазовой скорости исследуется их дисперсия на предварительно напряженных моделирующих оболочках. Дисперсия длинных волн рассчитывается численным методом; для коротких волн используется асимптотический метод ВКБ.

О. Н. Смирнова

Семинар по механике сплошной среды
под руководством Л. А. Галина, Н. Х. Арутюняна.

2 X 1979. А. С. Быковцев, Г. П. Черепанов (Москва) *О моделировании очагов тектонических землетрясений.*

Предложена теоретическая модель очага тектонического землетрясения, для которой теоретические «сейсмограммы», даже в отсутствие помех сигнала, похожи на наблюдаемые сейсмограммы со знакомперемным путем импульсов. Существо предложенной модели заключено в следующем: поверхность разрыва состоит из различных плоских площадок скольжения, ориентированных в целом вдоль некоторого магистрального направления; землетрясение представляет собой результат скачкообразного развития этой поверхности разрыва с остановками, соответствующими моменту перехода от одной площадки скольжения к следующей. Принято кинематическое описание сдвижек как сдвиговых дислокационных разрывов; этот подход по сравнению с силовым позволяет значительно упростить математические выкладки и получить более эффективные результаты.

25 I 1980. В. Г. Карнаухов (Киев) *Связанные квазистатические и динамические задачи термовязкоупругости.*

Развита термомеханическая теория вязкоупругости обобщенных термореологически простых сред, для которых приведенное время является функционалом историй температуры, деформаций и их скоростей. Рассмотрены среды с внутренними переменными, интегрального и интегродифференциального типа. Представлена термомеханическая теория малых деформаций, наложенных на устойчивые конечные. Сформулированы вариационные принципы линейных и нелинейных термомеханических теорий вязкоупругости. Разработаны термомеханические теории тонкостенных вязкоупругих элементов. Развита аналитические и численные методы решения связанных квазистатических и динамических задач термовязкоупругости. Изучено влияние термомеханического сопряжения на поведение вязкоупругих тел. Дано обобщение указанных выше результатов на вязкоупругие среды с поляризацией и намагничиванием.

15 II 1980. Т. К. Рамазанов (Москва) *Напряженно-деформированное состояние глубинных пластов вблизи действующих скважин.*

Рассматриваются изменения напряженно-деформированного состояния насыщенного пласта и окружающих его горных пород при отборах и нагнетании жидкости. Проводится учет нелокальной взаимосвязи деформаций горного массива и пористого пласта с характеристиками фильтрационного потока. Найдено новое линейное интегродифференциальное уравнение нелокально-упругого режима фильтрации. На основе пространственной задачи теорий упругости с учетом действия фильтрационного потока и изменения напряженного состояния окружающих пород изучается нагрузка на колонну скважины. Изучено влияние отношений жесткостей пласта и массива на величину сжимающего напряжения. Исследуются эффекты возникновения пластической зоны вокруг действующей скважины. Также изучено влияние различных факторов (дебита скважины, сцепление пород и т. д.) на радиус упруго-пластической границы.

30 V 1980. И. Д. Суздальницкий (Новосибирск) *Применение интегральных представлений к некоторым упругим и упругопластическим задачам для многосвязных областей.*

Методами теорий обобщенных функций получены интегральные представления решений бигармонического уравнения и уравнений теории пологой цилиндрической оболочки, используемые для приведения двумерных задач теории упругости и механики разрушения к сингулярным интегральным уравнениям. Рассматриваются задачи о взаимодействии неколлинеарных систем трещин, стрингеров и трещин, стрингеров и отверстий, заполненных разрезами, периодических и двоякопериодических систем малых круговых отверстий в оболочке. Определяются коэффициенты

интенсивности напряжений на концах разрезов и стрингеров, коэффициенты концентрации напряжений на отверстиях. Дано решение упругопластической задачи для плоскости с двоякопериодической системой отверстий. Оценивается влияние жестких включений на распространение пластических областей вокруг отверстий. Решена упругая задача о взаимном влиянии двоякопериодических систем отверстий и жестких включений.

20 VI 1980. В. Н. Николаевский (Москва) *Разрушение вязкоупругих тел.*

Путем применения вариационного принципа (наименьшего рассеяния энергии) при учете особой диссипации в поверхностном слое вблизи трещины получен критерий роста трещины в вязкоупругом теле следующего вида:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\Lambda(l, P) + \frac{\partial}{\partial t} W(l, P) \right) = -2\xi \quad (1)$$

где l — длина трещины, P — нагрузка на тело, Λ , W — скорость диссипации и упругая энергия объема тела с разрезом l , ξ — интенсивность поверхностной диссипации. Начальные условия для дифференциального уравнения (1) относительно длины трещины находятся из решения упругой задачи. Показана инвариантность соответствующего интеграла по контуру вокруг вершины трещины. Выявлен пороговый размер начальной длины растущей трещины. Обсуждается частный случай локализованной диссипации.

А. А. Шмакова

Семинар по динамике сплошной среды
под руководством Н. В. Зволинского, Г. С. Шапиро, С. С. Григоряна.

10 IV 1979. Ю. Р. Лепик (Тарту) *Решение задач динамического изгиба жесткопластических конструкций методом квазимодельных форм движения.*

Предлагается новый метод расчета задач изгиба жесткопластических конструкций с пластическими шарнирами. Вводится понятие квазимодальных решений, т. е. модальных, но со свободными параметрами.

Решение задачи строится в виде линейной комбинации указанных решений. Метод иллюстрируется на задаче об изгибе свободно опертой балки. Для более сложных задач разработана численная процедура и стандартные программы. Рассмотрены задачи об изгибе балок сосредоточенными силами, задачи устойчивости, задачи оптимального проектирования.

4 XII 1979. Л. В. Никитин, Е. И. Рыжак (Москва) *Закономерности разрушения горной породы с внутренним трением и дилатансией.*

Рассматривается локализация сдвиговых деформаций в тонких слоях и образование из них плоскопараллельной системы, наблюдающиеся при разрушении горных пород. Делается попытка получить эти эффекты как следствие критерия разрушения, учитывающего граничные условия. Разрушение трактуется как проявление внутренней неустойчивости, заложенной в определяющем законе материала. В качестве критерия разрушения принимается энергетический критерий неустойчивости. Материал считается упругопластическим с упрочнением, с трением и дилатансией. Учет стесняющего действия граничных условий дает, что стеснение в сочетании с трением и дилатансией является причиной локализации деформаций. Правильная система слоев локализации также связана с характером стеснения.

Определяется ориентация слоев локализации и оценивается расстояние между слоями.

25 XII 1979. А. В. Звягин (Москва) *Дозвуковое движение твердых тел в деформируемой среде.*

Работа посвящена решению контактных задач о дозвуковом движении твердых тел в упругой среде, а также в среде типа грунта (пористая среда, насыщенная жидкостью — модель Био). Задача решалась с учетом отрыва сплошной среды от поверхности движущегося тела. Точки отрыва определялись в процессе решения. При решении были приняты следующие граничные условия: в области контакта — условие непроницаемости тела и наличие на его поверхности сухого трения; вне области контакта — условия на свободной поверхности; на бесконечности — равенство нулю скорости и напряжений.

Методами теории функций комплексного переменного решение задачи сведено к граничной задаче Римана — Гильберта. В общем случае решение сведено к квадратурам, в ряде конкретных случаев формы движущегося тела найдено аналитическое решение.

7 I 1980. С. Я. Секерж-Зенькович (Москва) *О задаче Коши для уравнения внутренних волн.*

Рассматриваются некоторые математические вопросы, связанные с уравнением внутренних волн, описывающим в рамках линейной теории и приближения Буссинеска движения непрерывно стратифицированной жидкости. В частности, формулируется теорема единственности решения задачи Коши для уравнения внутренних волн и с помощью теории обобщенных функций выводятся формулы для явного представления решения этой задачи.

22 I 1980. И. Л. Барский (Москва) *Расчет критической нагрузки для длинного сжато-растянутого стержня.*

Рассматриваются вопросы устойчивости длинного вертикального стержня, находящегося под действием собственного веса и растягивающей силы, приложенной к его верхнему концу. Рассчитано критическое (по Л. Эйлеру) значение нагрузки на его нижнюю опору в зависимости от длины стержня. В частности, показано, что в широко обсуждавшемся в литературе случае шарнирного закрепления концов предельное значение нагрузки (при длине стремящейся к бесконечности) противоположно нулю производной функции Эйри. Ограничение упругой деформацией приводит к тому, что хотя предельные значения нагрузки существуют, но граничные условия для предельной задачи меняются, изменяя физический смысл. Геометрическая трактовка предела собственных чисел, возникающей краевой задачи, позволяет окончательно разъяснить расхождения в результатах, опубликованных к настоящему моменту.

5 II 1980. М. А. Гринфельд (Москва) *Метод Гиббса в термодинамике нелинейно-упругого тела.*

Предлагается новая процедура получения термодинамических неравенств из принципа Гиббса, позволяющая наряду с жидкими рассматривать также упругие среды. Формулируется понятие об устойчивости среды по Гиббсу, которое в случае жидкости сводится к выполнению классических термодинамических неравенств.

Изучается равновесие и устойчивость в гетерогенной системе, состоящей из однокомпонентных жидких фаз. Показывается, что в отсутствие внешних силовых полей и сил поверхностного натяжения равновесное состояние такой замкнутой термодинамической системы устойчиво. С помощью принципа минимума потенциальной энергии изучаются условия механического равновесия системы из баротропных жидких фаз с учетом постоянного поверхностного натяжения.

19 II 1980. Л. М. Флитман (Москва) *О пограничном слое в некоторых задачах динамики пластической среды.*

Изучается асимптотика поля скоростей и напряжений в потоке пластической среды у шероховатой стенки в предположении, что константа Мизеса мала по сравнению со скоростным напором. Решены задачи о волновом поле во внешности расширяющегося цилиндра и об установившемся обтекании конуса. Обнаружено явление погранслоя. Для произвольной поверхности получены уравнения погранслоя. Методами группового анализа найдены точные решения этих уравнений для некоторых плоских и осесимметричных задач.

11 III 1980. Н. Д. Векслер (Таллин) *Рассеяние акустических волновых пакетов на упругих телах.*

Аналитически и численно исследуется дифракция в безграничной сжимаемой жидкости плоской волны на упругих сферических, цилиндрических слоях и оболочках, пустых или заполненных сжимаемой жидкостью.

Аналитические решения основаны на преобразовании Лапласа и разложении образа по полиномам Стокса. На основании аналитических результатов разработан метод расчета, составлен пакет программ и проведены систематические расчеты с большой точностью. Опираясь на решения прямых задач, выделены классификационные признаки рассеянного поля, предложена процедура и проведено решение некоторых обратных задач.

8 IV 1980. В. И. Кондауров (Москва) *О некоторых новых формах уравнений упруговязкопластической среды с конечными деформациями.*

Рассмотрены уравнения течения конечно-деформированной упругопластической среды с динамическим упрочнением. Предложена новая форма кинематического уравнения. Введение этой формы позволило записать полную систему уравнений в виде законов сохранения в произвольных движущихся криволинейных координатах.

Показано, что уравнения теории течения пластического тела, нечувствительного к скорости деформирования, принципиально неприводимы к дивергентному виду.

В адиабатическом приближении проведена симметризация уравнений и сформулированы достаточные условия гиперболичности. Рассмотрена форма уравнений, содержащих производные только вдоль бихарактеристик.

Без введения дополнительных предположений получена замкнутая система соотношений на сильных разрывах. Найдены условия существования и единственности решения задачи о вычислении величин за фронтом ударной волны при заданном состоянии перед фронтом и заданной скорости движения волны.

13 V 1980. Н. В. Зволинский (Москва) *Континуальная модель слоистой упругой среды.*

Рассматривается безграничная среда, состоящая из упругих слоев. Предполагается возможность скольжения слоев вдоль контактов; возникающие при этом касательные напряжения пропорциональны относительному смещению слоев. Ставится задача описать такую среду как «эквивалентную» однородную, предполагая, что характерный размер поля заметно больше толщины слоя. Модель описывается кинематическим вектором смещения и вращением в каждой точке (континуум Госсере). Предполагая определенную структуру выражения энергии деформации, получаем возможность написать определяющие уравнения и уравнения равновесия (движения). В рамках полученной модели изучаются плоские волны, законы их распространения и дисперсия.

20 V 1980. Ю. К. Энгельбрехт (Таллин) *К теории нелинейных диспергирующих волн.*

На базе уравнений переноса изучаются нелинейные волновые процессы в диспергирующих средах. Главное внимание уделено на случай, когда вязкость среды описывается при помощи модели стандартного вязкоупругого тела. В этом случае одномерное уравнение переноса является уравнением Уизема. Построен нелинейный закон дисперсии, который сопоставлен также с соответствующими результатами анализа уравнений Кортевега – де Вриза, Бенжамина – Бона – Махони и др. Выяснены профили волн постоянного профиля. Исследована дисперсия в волновом пучке и выяснено существенное различие двумерного процесса по сравнению с одномерными. Предложено преобразование двумерных уравнений переноса к одномерным и указана специфика задач, решаемых при помощи такого преобразования.

О. Н. Смирнова

Научный семинар по прочности и упруговязкопластичности
под руководством Н. Х. Арутюняна, А. Ю. Ишлинского, Ю. Н. Работнова, С. А. Христановича

2 XI 1978. В. А. Пальмов (Ленинград) *Реологические модели в нелинейной механике деформируемых тел.*

Рассматриваются принципы конструирования определяющих уравнений нелинейной механики деформируемых тел. Выявлены ограничения, которые накладывает на них второй закон термодинамики. Представлено обобщение известного в теории малых деформаций метода реологических моделей на случай конечных деформаций. Доказано, что получающиеся на его основе определяющие уравнения удовлетворяют всем ограничениям, накладываемым второй закон термодинамики и принцип материальной независимости от систем отсчета. Методом реологических моделей составлены определяющие уравнения для материалов с реологическими моделями Кельвина – Фойга, Максвелла, Пойнтинга – Томпсона, Прандтля и др. С помощью этих уравнений исследованы закономерности деформирования в случае напряженного состояния.

7 XII 1978. Л. И. Слепьян (Ленинград) *Движение трещин с переменной скоростью. Движение твердого тела в хрупкой среде.*

1. Движение трещины с переменной скоростью.

Рассмотрена смешанная задача, сводящаяся к уравнению в свертках (по времени t и по координате x) относительно двух функций, одна из которых задана при $x < l(t)$, другая — при $x > l(t)$. Предполагается, что ядро уравнения представимо сверткой обобщенных функций $S_k(t, x)$, $k=1, 2, \dots, n$ с носителями на лучах $x = v_k t$ ($t \geq 0$, $v_{k-1} < v_k$). Это выполняется в динамической задаче для упругой полуплоскости. Приведены общие формулы, решающие задачу для случая, когда $v_{k-1} < (dl/dt) < v_k$ при $t < t_1$, $v_{m-1} < (dl/dt) < v_m$ при $t > t_1$ ($v_m \leq v_k$ или $v_m \geq v_k$), а также формулы для асимптотик ($x \rightarrow l(t) \pm 0$).

Показано, что в задаче о трещине формулы, выведенные для дорэлеевской скорости ее края ($|dl/dt| < c$), можно экстраполировать на диапазон, ограниченный скоростями волн сдвига ($|dl/dt| < b$). Однако при $t > t_1$ ($c < (dl/dt) < b$ при $t > t_1$) в решении появляется дополнительное слагаемое (однородное решение), которое выражается через неопределенную функцию $f(t)\delta(x-l(t))$ (δ — функция Дирака).

Отмечено, что распространение трещины со сверхэлеевской скоростью отвечает отрицательной эффективной поверхностной энергии.

2. Движение твердого тела в хрупкой среде.

Предложена гидродинамическая модель для описания высокоскоростного удара твердого тела или жидкой струи, позволяющая оценить силу сопротивления, путь, проходимый телом (струей), и размеры канала, возникающего в среде при ударе. Диаметр канала определяется условием: давление в заполняющей его «жидкости» при удалении от тела (струи) вверх по потоку стремится к пределу прочности среды.

4 I 1979. А. Ф. Ревуженко, С. Б. Стажевский, Е. И. Шемякин (Новосибирск) *О деформировании и разрушении горных пород.*

Представлены результаты экспериментальных и теоретических исследований возникновения блочной структуры первоначально сплошной изотропной деформируемой среды в условиях заданной программы по деформациям. В опытах с модельным материалом, обладающим свойствами упругости, сцепления и трением, обнаруживается проявление блочной структуры с характерным размером блока на ниспадающей ветви сдвиговой диаграммы напряжения — деформация и несимметрия функционирования площадок проскальзывания между блоками. Размер блока оценивается по упругим параметрам и наклону ниспадающей ветви, а несимметрия работы площадок отражается в новой кинематике деформаций среды с блочной структурой: блоки могут деформироваться, проскальзывать друг по другу и поворачиваться.

Рассмотрена математическая модель плоской деформации материала с блочной структурой (L -пластичность) и решения иллюстративных краевых задач: о растяжении стержня, о штампе и о напряженно-деформированном состоянии горного массива в окрестности горной выработки.

1 II 1979. Л. П. Хорошун (Киев) *Вопросы теории структурно-неоднородных сред.*

Исследуется многокомпонентная среда стохастической структуры, размеры неоднородностей которой значительно превосходят молекулярные размеры.

Рассматриваются два подхода к описанию физико-механических процессов в такой среде. Первый основан на предположении, что параметры физических процессов одинаковы в компонентах элементарного макрообъема. Во втором подходе учитывается различие средних по компонентам параметров физико-механических процессов.

Разработан метод условных моментов, на основе которого изучены армированные материалы и построены уравнения механики упругих пористых сред, насыщенных сжимаемой жидкостью.

Получены уравнения двухтемпературной теплопроводности двухфазного твердого тела и дано обобщение закона Дюамеля — Неймана на случай двухтемпературного континуума.

Построена замкнутая система уравнений, описывающих механическое поведение двухфазных упругих тел с учетом взаимных перемещений фаз.

Приводятся решения некоторых задач, иллюстрирующих эффекты, обусловленные двухфазностью среды.

1 III 1979. С. С. Григорян (Москва) *О механике некоторых крупномасштабных процессов.*

Рассмотрены постановки ряда задач о движении снежных лавин, горных обвалов, ледников, оползней-потоков, соответствующие введению осредненных по глубине потока параметров («гидравлическое» приближение). Предложена новая модификация закона трения для потоков обломков твердых тел о подстилающее основание, позволившая объяснить и количественно рассчитать ряд известных аномалий в поведении таких потоков при больших объемах обвалившейся массы (в частности, это сделано для известных Хайтского обвала на Памире и обвалов у пика Уаскарчи в Южной Америке). Предложен механизм образования вулканов и новый тип очага глубинного землетрясения.

5 IV 1979. П. П. Мосолов, В. П. Мясников (Москва) *О выделении единственного решения стационарной задачи для жесткопластической среды.*

Исходя из вариационной постановки задачи указываются принципы выделения единственного решения из совокупности решений стационарной жесткопластической задачи с помощью введения исчезающе малой вязкости.

Рассматривается совокупность всех решений стационарной жесткопластической задачи в предположении, что в этой совокупности есть хотя бы одно гладкое решение (на этом решении должно быть конечным значение скорости вязкой диссипации энергии). Тогда исчезающе малая вязкость выбирает из всех решений стационарной жесткой пластической задачи такое, где величина скорости вязкой диссипации наименьшая. В связи с этим принципом рассматривается вопрос о выделении единственного решения в задаче о растяжении конечной жесткопластической полосы, торцы которой не деформируются. В этом случае среди решений стационарной жесткопластической задачи есть гладкие и можно воспользоваться указанным выше принципом выбора. Этот принцип приводит к новой задаче вариационного исчисления, так как уравнением Эйлера для соответствующего функционала является дифференциально-разностное уравнение, в котором содержится как запаздывающий, так и опережающий аргументы. Из анализа решения этой вариационной задачи вытекает, что при определенных соотношениях между длиной и шириной полосы в выделенном с помощью малой вязкости решении жесткопластической задачи на свободных сторонах полосы профиль скоростей имеет волнообразный характер.

Положение существенно сложнее, когда все решения стационарной жесткопластической задачи разрывны. В этом случае приходится анализировать пограничное приближение к решению стационарной вязкопластической задачи; анализ проводится на примере осевого движения двух параллельных бесконечных цилиндров, погруженных в жесткопластическую среду.

7 VI 1979. С. Г. Михлин (Ленинград) *Упругопластическое состояние по Сен-Венану; задача кручения и плоская задача.*

1. Постановка задачи.
2. Аналогия А. Надаи в задаче кручения.
3. Рассмотрение пластического состояния; плоская задача с центральной симметрией (С. Л. Соболев).
4. Теоремы существования, основанные на вариационном принципе Хаара — Кармана (Х. Гаевский).
5. Задача упругопластического кручения; исследование и приближенное решение соответствующей односторонней вариационной задачи (Ж.-Л. Лионс и его школа).
6. Некоторые общие теоремы о погрешности приближенного решения односторонних вариационных задач. Применение к задаче кручения и к плоской задаче сенвенановского упругопластического состояния. Границы зоны пластичности.

4 X 1979. В. М. Бабич (Ленинград) *Асимптотические методы в теории упругих поверхностных волн.*

Классическая волна Рэлея в однородном изотропном упругом полупространстве — по-видимому, наиболее известный вид упругих поверхностных волн. Она представляет собой наложение двух плоских гармонических волн с комплексными волновыми векторами. Возникает вопрос о том, как описать волны, аналогичные волнам Рэлея и распространяющиеся вдоль поверхности неоднородного упругого тела произвольной формы. Известно, что геометро-оптические решения уравнений теории упругости являются своеобразным возмущением решения типа плоской волны. Искомое обобщение получается, если заменить плоские волны с комплексными

ми волновыми векторами на лучевые решения с комплексными эйконалами. В результате получается геометро-оптическая теория волн, обобщающих волны Рэлея и распространяющихся с рэлеевой скоростью. Лучи этих поверхностных волн находятся из принципа Ферма. Аналитическое выражение этих «волн Рэлея» представляется в виде произведения фазового множителя, множителя, характеризующего начальную амплитуду волны, множителя, характеризующего расхождения лучей, и т. п. Энергия распространяется в первом приближении вдоль поверхностных лучей.

Аналогичную теорию можно развить и для волн, аналогичных волнам Лява (т. е. для волн типа шепчущей галереи для поперечной волны, для так называемых волн, удерживаемых поверхностью, волн Рэлея в анизотропном случае, волн Стоунли и т. п.).

1 XI 1979. А. М. Жуков (Москва) *Новые особенности деформирования малоуглеродистой стали.*

Обнаружена задержка ползучести вблизи предела текучести и после догрузки на величину порядка 0,1 σ_b , совершаемой после прекращения ползучести стали. Эти догрузки вызывают начальные деформации, соизмеримые с упругими ($\Delta\sigma/E$). При догрузках, производимых по истечении малого времени с момента окончания нагружения или предшествующей догрузке, задержки ползучести не наблюдается.

Задержка ползучести имеет место для образца в целом. После задержки пластическая деформация распространяется вдоль образца с очень малой скоростью (до 5,6 мкм/с).

Выявлена задержка потери устойчивости трубчатых образцов за пределами упругости и развертывание этого процесса во времени, которое в 1,5–3 раза больше времени задержки.

Опытами при фиксированных скоростях нагружения выявлено отсутствие площадки текучести на кривых растяжения. Вместо площадки появляется участок малого упрочнения, близкий к линейному, наклон которого на несколько порядков (до трех и более) меньше модуля Юнга. Участок малого упрочнения приходится за конечное время, которое увеличивается с уменьшением скорости нагружения.

Установлено, что неоднородное деформирование стали имеет место только в области перехода из упругого состояния в пластическое. Время неоднородного деформирования мало отличается от времени прохождения участка малого упрочнения.

6 XII 1979. А. А. Гвоздев (Москва) *Эволюция взглядов на задачи и методы расчета строительных конструкций.*

Расчет конструкций начался с Галилея, рассмотревшего условия перелома бруса. Предельное равновесие столбов, земляных масс и сводов рассчитывал Кулон. Успехи определения напряжений и деформаций упругих стержней, начало разработки теории упругости и выявленное в опытах Бюффона различие между временным и длительным сопротивлением материалов (накопление повреждений) побудили Навье предложить расчет по допускаемым напряжениям, занявший в XIX веке господствующее положение.

Разработка теории пластичности и применение составных материалов (железобетон) вызвали отказ от ограничения расчетов упругой стадией и возвращение (в ряде случаев) к предельному равновесию, получившему в теории пластичности новое обоснование. Было признано, что расчет должен оценивать условия возникновения любых опасных или нежелательных состояний конструкций, исходя каждый раз из предпосылок, отвечающих решаемой задаче.

Осознание стохастической изменчивости расчетных параметров, начало которому положили работы Макса Майера и Н. Ф. Ходякова, предложившего вероятностную оптимизацию, привело к разработке расчета строительных конструкций по предельным состояниям, введенному в нормы проектирования СССР в 1954 г. и широко распространяющемуся теперь в зарубежных странах. Вероятностные представления и статистические данные играют в нем важную, но ограниченную роль. Более полное их использование в рамках применяемого метода необходимо, но «полностью вероятностные» расчеты можно реально использовать лишь для объектов с чисто экономической ответственностью и для обоснования частных расчетных коэффициентов.

10 I 1980. Р. Л. Салганик (Москва) *Механические, электрические и тепловые эффекты в материалах с большим числом трещин.*

Основываясь на решении задачи об изолированной трещине, можно находить эффективные деформационные, электрические и тепловые характеристики материала с большим числом трещин. При этом, если имеется преимущественная ориентация

трещин, находится вызываемая ею анизотропия. Результаты распространяются на случай, когда в материале одновременно находятся трещины, поры и другие неоднородности, сильно отличающиеся по своим характеристикам от материала. Результаты справедливы до концентрации трещин, пор и других неоднородностей, при которых эффективные характеристики изменяются во много раз. Это подтверждается экспериментами.

Пользуясь этими результатами, можно решать задачу о накоплении повреждений в материале с учетом изменения его деформационных характеристик. Рассматривая трещиновидные неоднородности с вязким заполнением, можно анализировать процессы внутреннего трения. Такой анализ выполнен для процесса зернограничного внутреннего трения в алюминии.

Знание того, как влияют трещины на эффективные деформационные и электрические характеристики материала, позволяет при помощи активных сейсмических и электрических методов определять ориентацию трещин и интенсивность растрескивания. При достаточно высоких частотах колебаний электрического поля проявляется работа трещин как электрических конденсаторов. Соответствующий эффект может быть использован для определения раскрытия трещин, по которому, если они содержат газ, можно судить о его давлении. При прохождении достаточно сильных токов становятся существенными неоднородные тепловые явления вблизи трещин, связанные с джоулевым разогревом, которые порождают термомеханические эффекты. Они могут влиять на разрушение материала. Их можно также использовать для целей диагностики.

Доклад основан на работах автора и его совместных работах с А. С. Вавакимым и Ю. Ф. Коваленко.

Р. В. Гольдштейн