

**СЕМИНАР ПО МЕХАНИКЕ СПЛОШНОЙ СРЕДЫ им. Л.А. ГАЛИНА
ПОД РУКОВОДСТВОМ В.М. АЛЕКСАНДРОВА**

24.11.1995 (521-е заседание). **И.Г. Горячева, М.Н. Добычин, И.А. Солдатенков, О.Г. Чекина** (Москва). *Моделирование контактного взаимодействия и разрушения в сопряжении колесо – рельс.*

В работе изложена математическая модель, позволяющая изучать процесс изнашивания железнодорожного колеса и рельса, а также определять скорость накопления усталостных повреждений в рельсе для случая, когда колесо катится по криволинейному рельсу, т.е. в каждый момент времени существуют две области контакта: на головке рельса и на его боковой грани. Упругие свойства рельса и колеса моделируются основанием Винклера. Скорость изнашивания в каждой точке площадки контакта считается пропорциональной давлению и скорости скольжения. Поврежденность, накопленная в каждой точке сечения рельса при однократном проходе колеса определяется величиной максимальных касательных напряжений в этой точке, а общая поврежденность определяется из модели линейного суммирования повреждений.

С помощью этой модели изучена связь контактных характеристик сопряжения с параметрами взаимодействия (вертикальные и боковые нагрузки, угол атаки, наклон оси рельса к вертикали), а также исследована эволюция профиля рельса и колеса в процессе их изнашивания, при этом параметры взаимодействия задавались в виде статистически независимых случайных величин.

08.12.1995 (522-е заседание): **Н.В. Генералова, Е.В. Коваленко** (Москва). *Пространственная контактная задача для линейно-деформируемого основания, армированного тонким покрытием.*

Изучается пространственная контактная задача теории упругости о вдавлении штампа в слой, покоящийся на жестком основании и армированный по границе тонким покрытием. Считается, что жесткость последнего много больше жесткости слоя, в силу чего напряженно-деформированное состояние покрытия моделируется уравнениями накладки Мелана (пространственный аналог). В случае произвольной в плане области контакта, получено интегральное уравнение задачи, для решения которого использовались некоторые варианты проекционного метода Галеркина. Отличительной чертой предлагаемых алгоритмов является выделение в явном виде особенности решения на линиях смены граничных условий.

22.12.1995 (523-е заседание). **В.М. Александров** (Москва). *Периодическая контактная задача для слоя с учетом износа.*

В условиях плоской деформации рассматривается задача о действии бесконечного в плане штампа на упругий слой, защемленный по основанию. Штамп движется по поверхности плиты и в области контакта возникают силы кулоновского трения, вызывающие износ материала слоя. Предполагается, что износостойкость поверхности слоя периодически изменяется вдоль одного направления. Относительно контактного давления задача приведена к интегральному уравнению, содержащему фредгольмовский оператор в бесконечных пределах по пространственной координате и вольтерровский оператор по времени. Решение уравнения ищется в виде ряда по некоторому малому временному параметру. В итоге исходное уравнение распадается

на бесконечную систему фредгольмовских интегральных уравнений первого рода, последовательно решаемых точно. Для контактного давления найдена также асимптотика большого времени.

16.02.1996 (524-е заседание). **В.М. Александров** (Москва). *Об одном методе решения парных-рядовых уравнений, встречающихся в задачах механики со смешанными граничными условиями.*

Изложен метод сведения широкого класса парных рядов-уравнений, возникающих в линейных смешанных задачах механики деформируемых сред в областях конечных размеров. Существенно используется то обстоятельство, что с каждым таким парным уравнением связана полная система ортонормированных с весом функций, порожденных некоторой задачей Штурма–Лиувилля. Парное уравнение приводится к бесконечной алгебраической системе первого рода с сингулярной матрицей коэффициентов, главная часть которой точно обращается путем решения некоторого функционального уравнения Винера–Хопфа. Метод использован для решения парных рядов-уравнений, возникающих в контактных задачах теории упругости (в частности, периодических).

01.03.1996 (525-е заседание). **Г.А. Иосифьян** (Москва). *Об усреднении некоторых задач теории упругости с нелинейными граничными условиями в перфорированных областях.*

Рассматривается система линейной теории упругости в ограниченной области с периодической структурой, характеризуемой малым параметром; коэффициенты системы – быстро осциллирующие функции. На внешней части границы тело считается жестко закрепленным, а на границах полостей заданы напряжения, зависящие от перемещений и малого параметра. Строятся усредненные задачи для различных типов зависимости граничных напряжений от перемещений и малого параметра. Исследованы случаи, когда усредненная задача имеет меньшее число уравнений, нежели исходная. Получены оценки сходимости решений исходной задачи к решениям усредненной задачи. Обсуждаются некоторые задачи с негладкой зависимостью реакций от перемещений, которые в пределе приводят к задачам со свободной границей, имеющим вид вариационных неравенств.

15.03.1996 (526-е заседание). **Н.А. Воронин** (Москва). *Основы создания работоспособных вакуумных ионно-плазменных покрытий для триботехнического применения.*

В докладе приведены результаты исследований автора по разработке научных и прикладных основ создания качественных, экономичных, работоспособных тонких поверхностных слоев и покрытий с требуемым комплексом триботехнических свойств.

В работе установлены закономерности формирования, трения, изнашивания и работоспособности антифрикционных и износостойких вакуумных ионноплазменных покрытий и модифицированных поверхностных слоев. Разработаны инженерный метод расчета параметров контакта, несущей способности тел с покрытиями, оценки работоспособности, подбора материала и оптимальных толщин покрытия. Результаты исследований нашли применение для получения рабочих поверхностей ряда прецизионных пар трения (газовые опоры, торцовые уплотнения).

29.03.1996 (527-е заседание). **И.Г. Горячева, О.Г. Чекина** (Москва). *Поле напряжений и разрушения приповерхностных слоев при контактном взаимодействии.*

Одной из причин концентрации напряжений в приповерхностных слоях является шероховатость контактирующих поверхностей. При относительном перемещении таких поверхностей поле напряжений изменяется циклически, что обуславливает усталостную природу разрушения. Предложена модель усталостного разрушения, основанная на термокинетической теории накопления повреждений. Модель включает расчет поля напряжений и поля температур, связанного с фрикционным разогревом, в двумерной постановке. Считается, что при достижении поврежденностью критического значения в некоторой точке из нее развивается трещина в направлении минимума модуля градиента поврежденности, приводящая к отделению фрагмента материала и, следовательно, к изменению формы поверхности. Измененная форма поверхности используется в дальнейших расчетах. Модель позволяет проанализировать влияние микрогеометрии, механических и термодинамических характеристик материалов на интенсивность разрушения, размер, форму отделяющихся фрагментов, изменение микрогеометрии поверхностей.

12.04.1996 (528-е заседание). **В.М. Александров** (Москва). *О действии наклонного кольцевого штампа на упругое полупространство.*

С помощью асимптотических методов найдено решение задачи о действии на упругое полупространство плоского наклонного кольцевого штампа при обычных допущениях, что силы трения в области контакта штампа с полупространством отсутствуют, а вне области контакта поверхность полупространства не нагружена. Решение получено в виде простых формул для больших и малых значений некоторого безразмерного параметра, характеризующего относительную толщину кольца. Эти решения перекрывают друг друга с высокой степенью точности на определенном промежуточном диапазоне изменения указанного параметра, обеспечивая возможность полного качественного и количественного анализа задачи.

26.04.1996 (529-е заседание). **П.И. Перлин** (Москва). *Некоторые вопросы решения интегральных уравнений теории упругости для сжимаемых и несжимаемых сред.*

17.05.1996 (530-е заседание). **И.Г. Горячева** (Москва). *Влияние тонких вязкоупругих поверхностных слоев на напряженное состояние упругих тел при трении качения или скольжения.*

Рассмотрены задачи о единичном или множественном контакте (в периодической постановке) упругих тел, находящихся в условиях трения скольжения или качения, при наличии между взаимодействующими телами тонкого вязкоупругого слоя. Для описания нормальной и тангенциальной податливости слоя использована модель Максвелла. Задача о качении рассмотрена в предположении частичного проскальзывания на площадке контакта (существования зон сцепления и проскальзывания). Для определения нормальных и тангенциальных напряжений в зоне контакта получены интегральные уравнения Фредгольма второго рода.

Проведен анализ влияния относительных механических и геометрических характеристик вязкоупругого слоя, а также скорости качения или скольжения на контакт-

ные характеристики (контактные напряжения, размер и положение площадки контакта, зон сцепления и проскальзывания на ней), коэффициент трения качения и распределение напряжений внутри упругих тел. В задаче множественного контакта исследовано также влияние параметра относительной плотности контакта на напряженно-деформированное состояние взаимодействующих тел.

Результаты используются для анализа роли поверхностных пленок и покрытий в подвижном контакте гладких и шероховатых тел.

31.05.1996 (531-е заседание). **Н.В. Генералова, Е.В. Коваленко** (Москва). *О действии кольцевого в плане штампа на линейно-деформируемое основание общего типа.*

При помощи проекционного метода Галеркина построено решение интегральных уравнений (произвольная гармоника), соответствующих смешанной задаче механики сплошных сред для случая кольцевой области смены граничных условий. В качестве первой системы координатных функций в алгоритме Галеркина брались полиномы Чебышева первого рода, учитывающие особенность решения на границе, а в качестве второго базиса использовались многочлены Гегенбауэра. Применение теорем сложения для цилиндрических функций позволило представить коэффициенты линейной алгебраической системы в методе Галеркина в форме однократных интегралов, содержащих произведение четырех бесселевых функций. Развита алгоритм вычисления таких квадратур. Подробно исследован случай вдавливания плоского наклонного кольцевого штампа в упругое полупространство, усиленное по границе тонким покрытием.

0.4.10.1996 (532-е заседание). **Е.В. Торская** (Москва). *Исследование контактной прочности тел с покрытиями.*

Тело с покрытием модулируется двуслойным упругим основанием, нагруженным осесимметрично. При решении задач такого типа обычно предполагается либо полная адгезия между слоями, либо отсутствие трения. В данной постановке принимаются во внимание сопротивление сдвигу между слоями (разница между горизонтальными перемещениями слоя и основания пропорциональна касательным напряжениям). Кроме того, условия совместности вертикальных перемещений на границе раздела слоя и основания формулируются с учетом горизонтальных смещений. Решение задачи находится путем итераций с использованием метода, базирующегося на интегральных преобразованиях и решении системы функциональных уравнений. Результаты расчетов позволяют исследовать напряженное состояние в слое и основании при различных параметрах, характеризующих относительную твердость и относительную толщину слоя, а также сравнить решение при поставленных условиях на границе раздела слоя и основания с классическими решениями для случаев полного сцепления либо отсутствия трения на границе раздела.

18.10.1996 (533-е заседание). **М.Д. Коваленко** (Белозерск). *Структура биортogonalных разложений по однородным решениям и вопросы их численной реализации*

Решение первой основной краевой задачи теории упругости в полуполосе со свободными от напряжения продольными сторонами и заданными на торце нормальным и касательным напряжениями может быть сведено к проблеме одновременного разложения двух, заданных на торце функций, в ряды по двум системам однородных реше-

ний. Ранее автором был дан метод явного определения коэффициентов искомым разложений, названный методом биортогональных разложений. Однако, по однородным решениям можно раскладывать и только одну функцию. Такие разложения были названы разложениями Лагранжа. Разложения Лагранжа играют фундаментальную роль в биортогональных разложениях. В частности, биортогональные разложения могут быть представлены в виде разложений Лагранжа и некоторых нуль-рядов (природа нуль-рядов двойственна: с одной стороны они порождаются неминимальностью систем однородных решений на отрезке – торце полуполосы, а с другой – их комплекснозначностью). Для получения надежных численных результатов окончательное решение краевой задачи должно быть представлено в виде разложений Лагранжа. В качестве примера приводится точное решение известной задачи о действии сосредоточенной силы на торце полуполосы.

01.11.1996 (534-е заседание). **В.М. Александров** (Москва). *О действии полосового или кольцевого штампа на упругий слой.*

Рассмотрены задачи о вдавлении полосового или кольцевого штампов в упругий слой, подстилаемый жестким основанием. Выведены интегральные уравнения для этих задач. Показано, что в случае относительно узкого кольцевого штампа и относительно малой толщины слоя решение задачи о кольцевом штампе асимптотически связано с решением задачи о полосовом штампе. Для случая полосового штампа развит эффективный метод решения путем сведения интегрального уравнения к бесконечной квазирегулярной алгебраической системе.

15.11.1996 (535-е заседание). **С.А. Гришин** (Москва). *Особенности напряженного состояния вблизи вершины физически нелинейного упругого конуса.*

Исследована асимптотика в вершине конуса (или в окрестности конической точки) классического решения осесимметричной краевой задачи статики деформируемого тела для несжимаемого материала со степенной связью между интенсивностями напряжений и деформаций. Для трех наиболее распространенных вариантов краевых условий определен показатель особенности решения, приведены примеры полей напряжений при различных показателях нелинейности материала.

29.11.1996 (536-е заседание). **И.А. Солдатенков** (Москва). *Решение контактной задачи для композиции полоса-полуплоскость при наличии изнашивания с изменяющейся областью контакта.*

Рассматривается изнашивание жесткого контртела о тонкую полосу винклеровского типа, связанную с упругой полуплоскостью при изменяющейся области контакта. Нагрузка на контртело считается постоянной, а закон изнашивания – линейным. Получены выражения для распределения контактного давления и скорости возрастания размера области контакта. Определено условие, обеспечивающее справедливость этих выражений. Предложен метод решения нелинейных операторных уравнений, представляющий собой обобщение классического метода последовательных приближений.

13.12.1996 (537-е заседание). **И.Г. Горячева** (Москва). *Влияние вязкоупругого поверхностного слоя на контактные характеристики в условиях гидродинамической смазки.*

Предлагается модель смазки, находящейся между взаимодействующими телами, в виде неоднородной сплошной среды: тонкие слои вблизи поверхностей твердых тел подчиняются соотношениям, характерным для вязкоупругих материалов, в то время как остальная ее часть описывается уравнением вязкой несжимаемой жидкости. Таким образом, распределение напряжений и скоростей деформаций в смазке, а также интегральные характеристики взаимодействия

твердых тел через слой смазки (сближение, сила трения) зависят как от объемных свойств жидкости, так и от ее специфических свойств, проявляющихся в тонких приграничных слоях.

Анализ решения такой задачи показал, что при малых числах Зоммерфельда вязкоупругий пограничный слой смазки играет определяющую роль в контакте (режим граничного трения), в то время как при больших числах Зоммерфельда определяющими являются объемные свойства смазки (гидродинамическое трение). Получена немонотонная зависимость коэффициента трения от числа Зоммерфельда, которая находится в хорошем соответствии с экспериментами Штрибека. Это позволяет заключить, что предложенная модель смазки, как неоднородной сплошной среды, позволяет с единых позиций описать различные режимы трения, имеющие место в контакте реальных тел.

ИНФОРМАЦИЯ

Московский Государственный авиационный институт (технический университет) – МАИ и ассоциация "Механика и технологии" проводят IV Международный симпозиум "Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред".

Предполагается работа по следующим направлениям:

- механика взаимодействия сплошных сред;
- динамика и прочность конструкций;
- технологические проблемы новых материалов и конструкций;

Заявки на участие (Ф.И.О. город, название доклада) прислать до 20 сентября 1997 г. Тезисы доклада (1 экз.) объемом до 1,5 м.п. листа через 2 интервала и экспертное заключение (1 экз.) направлять до 15 ноября 1997 г. по адресу: 125871, Москва, ГСП, А-80, Волоколамское шоссе 4. МАИ, факультет "Прикладная механика". Ученому секретарю Зайцеву В.Н.

Симпозиум намечено провести на базе МАИ в феврале 1998 г. Дополнительную информацию можно получить по электронной почте bugaev@k902.mainet.msk.su или по тел. 158-47-30, 158-46-56, 158-43-06

Оргкомитет