

УДК 531/534:061.3

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МЕХАНИКИ АН СССР

СЕМИНАРЫ¹

Семинар по механике сплошной среды под руководством Ю. А. Галина

16 V 1975. А. Т. Чалик (Москва). *Некоторые задачи тепломассообмена частицы с потоком при малых числах Рейнольдса.*

Изложены решения некоторых задач тепломассообмена движущейся реагирующей частицы со средой. Обтекание частицы считалось ламинарным с малыми числами Рейнольдса. Принималось, что химическая реакция поверхностная и протекает в диффузионном режиме. Методом сращиваемых асимптотических разложений по числу Пекле получено приближенное решение задачи о поле температур, возникающем при движении реагирующей сферы при малых числах Рейнольдса и Пекле. Установлены аналитические выражения для поля температур вне и внутри сферы, а также локального и полного потоков тепла к сфере. Методом диффузионного пограничного слоя решена задача о притоке вещества к поверхности жидкой пленки на сферической частице. Предварительно рассмотрена задача вязкого обтекания частицы, покрытой эксцентрической жидкой пленкой. Полученные формулы в виде частных случаев включают в себя известные ранее результаты.

27 VI 1975. Н. Н. Рулев (Киев). *Гидродинамическое взаимодействие в сферической коллоидной частице с всплывающим пузырьком газа во флотации.*

Рассматривается гидродинамическое взаимодействие всплывающего пузырька с частицей суспензии. Условие малости размеров сферической частицы по сравнению с размером пузырька позволяет рассматривать в локальной бисферической системе координат задачу гидродинамического взаимодействия как осесимметричную, а поверхность пузырька — как локально-плоскую.

В приближении Навье — Стокса гидродинамическое взаимодействие представлено в виде суперпозиции двух сил. Первая связана с воздействием нормальной составляющей гидродинамического поля всплывающего пузырька и способствует сближению, вторая отражает вязкое сопротивление слоя жидкости, разделяющего частицу и пузырек.

Зависимости этих сил от расстояния между частицей и пузырьком представлены в виде быстрорасходящихся рядов. Баланс этих сил позволил выразить скорость сближения частицы и пузырька через нормальную составляющую гидродинамического поля пузырька, невозмущенного присутствием частицы.

26 IX 1975. Х. Аигирре-Пуенте, М. Фремон (Франция). *Распространение фронта замерзания в водонасыщенной пористой среде. (Вариационная постановка.)*

Рассматривается пористая среда, насыщенная водой и замерзающая при охлаждении.

Исследуемая задача представляет собой спаренную задачу Стефана, связывающую уравнения диффузии тепла и воды. Уравнение сохранения энергии объединяет уравнения на фронте замерзания. Неизвестными являются гидравлическое давление и температура в точках пористой среды для любого момента времени. Исходными данными служат термические и гидравлические характеристики пористой среды, начальные и краевые условия. Эволюционные уравнения, описывающие задачу, разрешаются введением новой переменной — индекса мерзлоты. Полученные уравнения представляют собой вариационные неравенства и имеют единственное решение в подходящих пространствах Соболева.

Составленные программы численного расчета для одномерного случая используются Центральной лабораторией мостов и дорог при расчете морозоустойчивых дорожных одежд во Франции.

Более детально эта проблема освещена в работе авторов, которая опубликована в трудах Международного симпозиума по приложениям методов функционального анализа к задачам механики (Марсель, сентябрь 1975 г.).

31 X 1975. О. М. Городецкий (Москва). *Исследование возмущающих моментов сил вязкого трения в подвесе поплавкового гироскопа.*

Исследуется течение вязкой несжимаемой жидкости в пространстве между камерой и поплавком гироскопа, вызванное внутренней вибрацией прибора.

¹ Информацию о содержании семинаров ИПМ, см. также Изв. АН СССР, МТТ, 1976, № 4.

Выводится формула для определения момента трения вязких сил, действующих на поплавок со стороны жидкости. Приводится геометрическая картина движения жидкости.

21 XI 1975. М. Г. Одисшария (Тбилиси). Исследование задач нелинейной фильтрации, возникающих в гидротехнике.

Излагается развитие методов теории нелинейной фильтрации применительно к двум классам задач: напорным течениям под гидротехническими сооружениями и безнапорным течениям. Основное внимание уделено асимптотическим и численно-аналитическим методам, позволяющим получать решения сравнительно сложных задач.

Для решения задачи о фильтрации под плоским флютбетом в слое грунта бесконечной мощности при различных законах сопротивления применяются методы теории функций комплексного переменного. Кроме того, та же задача (в случае грунта конечной мощности) решена методом сращивания внешнего и внутреннего асимптотических разложений.

Вариационно-разностным методом конечных элементов построены решения нескольких задач для напорной и безнапорной фильтрации в случае закона с предельным градиентом. В одном случае полученное решение сравнивается с точным решением (построенным В. М. Ентовым) и показывается целесообразность применения метода конечных элементов к решению задач нелинейной фильтрации.

12 XII 1975. В. А. Толпаев (Ставрополь). К теории двумерной стационарной фильтрации жидкости в анизотропных средах.

Рассматриваются вопросы теории двумерной стационарной напорной фильтрации несжимаемой жидкости в искривленных анизотропных пластах переменной толщины.

В качестве модели анизотропных сред использованы мелкослойчатые породы. В основе уравнений фильтрации в изучаемых грунтах лежит тензорный закон Дарси.

На основании исследований уравнений двумерной стационарной фильтрации в анизотропных средах задача сведена к течениям в изотропных грунтах. Исследована плоскопараллельная фильтрация несжимаемой жидкости в однородных и кусочно-однородных средах с криволинейной и прямолинейной видами анизотропии. Рассмотрена также плоскопараллельная фильтрация несжимаемой жидкости в упругодеформируемых грунтах с прямолинейной анизотропией.

19 XII 1975. М. А. Саттаров (Душанбе). Об особенностях физического и математического процесса фильтрации в области малых скоростей течения.

Анализируются данные опытов ~60 исследователей. Предлагается методика экспериментальных исследований процесса фильтрации в области малых скоростей течения.

Путем статистической оценки соответствия данных опытов с известными закономерностями фильтрации на ЭВМ показан обобщающий характер и согласованность с опытом предложенной математической модели фильтрации в пористых средах.

Решен ряд конкретных задач гидравлической теории неустановившейся фильтрации в слоистых грунтах. Даны оценка эксплуатационных запасов подземных вод при откачках, чередующихся с остановками.

26 XII 1975. В. К. Кабанин, Г. А. Шадрин (Москва). Нелинейные задачи фильтрации со свободной поверхностью.

Выведено уравнение движения свободной поверхности, при этом снята гипотеза Диюю. Указаны условия, при которых это уравнение переходит в уравнение Буссинеска.

Рассмотрена также задача о неустановившемся движении грунтовых вод. Решение построено методом последовательных приближений, без снесения граничных условий на горизонтальную поверхность.

16 I 1976. Т. А. Малахова (Москва). Исследование фильтрации в слоисто-неоднородных пластиах.

Рассмотрены вопросы фильтрации в слоисто-неоднородных пластах.

В первой части исследованы задачи взаимодействия эффектов нелинейной фильтрации с естественной неоднородностью пласта. Сформулирована задача определения размеров и формы предельно-равновесных целиков в многослойном пласте со свободносообщающимися пропластками. Наряду со стационарным рассмотрено одномерное нестационарное движение в тонком слоистом пласте при нелинейной фильтрации.

Во второй части рассмотрено воздействие отдельных пропластков друг на друга посредством изменения напряженного состояния пород при изменении давления в насыщающей их жидкости. Основным моментом является определение поля напряжений, возникающих при изменении давления в тонком пласте, расположенному

на конечном расстоянии от свободной поверхности. Упругие характеристики пород пласта и окружающих пород предполагаются различными.

23 I 1976. П. М. Белоцерковский (Москва). *Движение вязкой сжимаемой жидкости в полубесконечном цилиндрическом канале, вызванное гармоническим колебанием давления на входе в канал.*

Предробно рассматривалось движение жидкости в канале, выполненнном в виде прямого кругового цилиндра. При помощи перехода к полярной системе координат все уравнения преобразовывались в обычные дифференциальные уравнения, решения которых выражались через функции Бесселя. Вычислены коэффициент затухания и скорость распространения волны. Результаты сравнивались с аналогичными величинами, полученными путем упрощенного «гидравлического» подхода.

13 II 1976. В. М. Старов, Н. В. Чураев (Москва). *Равновесие, устойчивость и кинетика тонких слоев жидкости.*

Рассмотрено совместное влияние действия расклинивающего давления и искривления поверхности в жидкой пленке. Показано, что это приводит к существованию не плоских жидкых образований на плоских твердых поверхностях, на цилиндрических поверхностях, а также на свободных пленках. Не плоские жидкие пленки разделены на два класса: стационарные капли и волнистые пленки.

Исследованы гидродинамические возмущения стационарных капель и волнистых пленок, найдены условия устойчивости этих образований, которые переходят в известные условия устойчивости, полученные Б. В. Дерягиным в случае плоских пленок.

Рассмотрена кинетика перехода плоских пленок конечного размера из одного равновесного состояния в другое как при наличии поверхностью-активных веществ, так и при их отсутствии.

20 II 1976. В. Г. Дворянинов, Н. Р. Сибгатуллин, Н. А. Слезкин (Москва). *О движении вязкого газа в слое с гибкой границей.*

Рассмотрена задача об осесимметричном течении газа между плоской стенкой и гибкой кольцевой мембранный, форма которой определяется распределением давления на ее поверхности. Совместная гидроупругая задача решена в приближении теории смазки и безмоментной теории больших прогибов пластин. Из полученных теоретических кривых, профиля диафрагмы и распределения давления, в частности, следует: 1) скорость потока сильно возрастает в зоне минимального зазора, 2) давление на протяжении подушки практически постоянно и только в зоне минимального зазора резко падает до атмосферного и ниже. Приведена аналитическая формула для величины минимального зазора, аналитически определена форма диафрагмы. Экспериментальные работы, проведенные на специальном стенде с натуральными образцами, количественно подтвердили теоретические выводы.

5 III 1976. А. Я. Федоров (Тула). *Некоторые задачи теории звука в вязкой среде.*

Рассмотрены вязкие и тепловые волны и их влияние на акустические поля в дискретно-неоднородных средах. Решены задачи отражения плоских волн от упругой границы и упругого слоя. Показано, что возбуждение упругих волн в твердом теле приводит к уменьшению влияния вязких и тепловых волн на акустические поля жидкости. Подробно анализировалось прохождение волны через тонкую пластиинку и было найдено, что влияние вязких волн на коэффициент отражения эквивалентно появлению у пластиинки эффективного импеданса продольных колебаний.

Отражение волн от ограниченных тел рассматривалось совместно с дифракционными явлениями. Получены решения задач дифракции звуковых волн на сфере и бесконечном цилиндре в вязкой среде. Для нахождения коротковолновой асимптотики акустических полей использовалась новая модификация метода Ватсона.

12 III 1976. Г. М. Рыскин (Ленинград). *Численное исследование гидродинамики и массообмена сферической капли при переходных числах Рейнольдса.*

Рассматривается задача обтекания капли потоком вязкой несжимаемой жидкости, однородным на бесконечности. С помощью схемы переменных направлений находится решение уравнений Навье – Стокса (в переменных «вихрь, функция тока») с условиями согласования на поверхности капли. Проведены расчеты для чисел Рейнольдса до 200 при различных отношениях вязкостей дисперсной и сплошной фаз, результаты сопоставлены с экспериментом. Показано, что отрыв на жидкой границе обладает особенностью – зона возвратного течения за каплей в некоторых случаях не примыкает к поверхности капли. Найдены условия распада циркуляционного течения внутри капли.

Рассмотрены также задачи стесненного обтекания капли (в рамках ячеекой модели) и массообмена между каплей и средой в случаях, когда сопротивление массо-

переносу сосредоточено в одной из фаз. Определены границы применимости приближенных методов (диффузионного пограничного слоя, решения Кронига и Бринка) в задачах массообмена.

26 III 1976. Д. Ш. Искандеров, В. Н. Николаевский (Баку – Москва). *Турбулентный след за телом с точки зрения асимметричной гидродинамики.*

Рассматривались задачи о турбулентном течении в плоском симметричном следе и в следе за телом вращения. Использовались линеаризованные уравнения асимметричной механики турбулентных потоков в приближении пограничного слоя. Решение строилось методом возмущений, а для области вблизи тела, где нарушалось интегральное соотношение, справедливое для нелинеаризованных уравнений пограничного слоя, дополнительно проводилась корректировка решений. Безразмерные параметры находились из сравнения с экспериментальными данными (R. Chevray, L. G. Kovasznay). Показано, что учет избыточной завихренности приводит к удовлетворительному описанию поля средних скоростей на начальном участке следа, где отклонения от классического решения (нарушения автомодельности) существенны.

23 IV 1976. Ю. А. Сергеев (Москва). *Массообмен между пузырем и непрерывной фазой в псевдоожженном слое.*

Исследованы некоторые вопросы массообмена, движения и роста изолированного пузыря в однородном взвешенном слое. Получено решение задачи о стационарном массообмене пузыря в слое постоянного сечения при больших и конечных малых числах Пекле. Рассмотрено движение жидкости в окрестности пузыря, поднимающегося в слое переменного сечения. Решена задача о массообмене пузыря в слое переменного сечения при больших числах Пекле. Исследовано влияние объемной химической реакции на нестационарный массообмен пузыря в псевдоожженном слое при малых конечных числах Пекле. Получено приближенное решение задачи о движении изолированного пузыря в слое частиц.

4 VI 1976. В. С. Потапкин (Москва). *Существование и единственность решения уравнения для составных волн на поверхности жидкости.*

Рассмотрено уравнение типа Некрасова, описывающее составные волны на поверхности потока тяжелой, несжимаемой идеальной жидкости под воздействием внешнего переменного периодического атмосферного давления. Исследовался случай, когда параметр интегрального уравнения равен собственному значению ядра. Методами Ляпунова – Шмидта определен вид решения и показана его единственность.

Решение искалось в виде степенных рядов по степеням некоторого положительного малого параметра, который определяет величину градиента давления. Для полученных в решении рядов построены мажорирующие ряды, сходимость которых показана для класса малых решений.

18 VI 1976. М. А. Галахов, К. И. Заппаров, В. В. Широбоков (Москва). *Упругогидродинамическая теория смазки.*

Рассмотрены упругогидродинамические и тепловые явления в контакте тел. В простейшем случае изотермического контакта цилиндров математический объект представляет собой комбинацию линейного интегрального уравнения со слабой особенностью в ядре и нелинейного дифференциального уравнения первого порядка. Предложен численный метод и получено численное решение. В случае точечного контакта предложен полуасимптотический метод определения толщины смазочной пленки. Получены формулы для напряжений трения.

Результаты применены к исследованию кинематики и динамики системы шарикоподшипник – смазка.