

асимптотическая форма ударных волн для больших расстояний от источника взрыва. В качестве примера приложения рассмотренных задач изучено явление распространения ударных волн при взрыве Тунгусского космического тела. Это явление моделировалось взрывом полубесконечного заряда со значительным усилением его в конечной области. Проводился учет неоднородности атмосферы и рассчитывалась начальная стадия отражения ударных волн от поверхности Земли. Получена картина наземных разрушений, качественно совпадающая с наблюдаемой.

23 XII 1971. М. П. Власюк, В. И. Полежаев (Москва). *Исследование переноса тепла при естественной конвекции в пористых материалах.*

Исследуется естественная конвекция в плоских слоях однородных изотропных пористых материалов. Численно решаются уравнения конвекции в приближении Буссинеска при использовании для учета сопротивления пористого слоя линейного закона Дарси. Изучается зависимость средней теплопередачи от числа Рэлея для пористой среды, относительного удлинения и угла наклона слоя. Дается сопоставление с опытными данными. Обнаружено существенное влияние локальных эффектов переноса тепла.

## ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МЕХАНИКИ АН СССР

### СЕМИНАРЫ<sup>1</sup>

Общий семинар Института проблем механики АН СССР под руководством А. Ю. Ишлинского

28 X 1971. О. А. Олейник (Москва). *О некоторых задачах теории пограничного слоя.*

Рассматривается задача о пограничном слое для стационарного и нестационарного обтекания симметрического тела потоком несжимаемой жидкости. Для этой задачи построено асимптотическое разложение решения по степеням продольной координаты  $x$  и дана оценка остаточного члена. Исследуется поведение продольной компоненты скорости  $u$  при больших значениях  $y$ , устанавливается характер приближения  $u$  к скорости внешнего потока  $U$  при  $y \rightarrow \infty$ . Для задачи об образовании пограничного слоя при постепенном разгоне доказана теорема существования и единственности, получено асимптотическое разложение решения по степеням времени  $t$ , исследовано поведение решения при больших  $y$ .

11 XI 1971. В. А. Городцов (Москва). *Влияние полимерных добавок на турбулентное течение.*

Использовались готовые полимерные растворы, или полимер в виде концентрированного раствора выпускался со стенок в поток растворителя.

В итоге исследований (в основном в трубах) выяснилось следующее:

1) эффект снижения сопротивления начинается при числах Рейнольдса, превышающих некоторое критическое значение, которое увеличивается с увеличением диаметра труб;

2) началу эффекта соответствует критическое значение напряжения на стенке, часто не зависящее от диаметра трубы, шероховатости ее стенок и концентрации полимера, но сильно зависящее от вида полимера;

3) для мыльных систем существует еще второе критическое значение напряжения на стенке (числа Рейнольдса), выше которого эффект снижения сопротивления исчезает;

<sup>1</sup> Информацию о содержании семинаров ИПМ, см. также Изв. АН СССР, МТТ, 1972, № 3.

- 4) под действием добавок распределение средней скорости течения вблизи стенки сильно изменяется;
- 5) поперечные пульсации скорости в вязком подслое и переходной зоне сильно падают, продольные же пульсации скорости возрастают или меняются слабо;
- 6) вихревые движения инерционного происхождения, движения в затопленной струе или в следе за телом не подавляются добавками, а зачастую увеличиваются.

25 XI 1971. А. И. Леонов (Москва). *Некоторые задачи переработки полимеров при наличии химических реакций.*

Переработка полимеров, отвердевающих в ходе технологического процесса требует поддержания оптимального теплового режима: с одной стороны, для снижения вязкости исходного вещества желательнее повысить температуру, но при излишнем перегреве материал может прореагировать слишком рано и его последующая переработка станет невозможной.

Основной процесс состоит из подготовительных операций неизотермического течения смеси через литниковый канал, заполнения формы и последующей химической реакции.

Была изучена кинетика химических реакций и экспериментально исследована зависимость вязкости от степени протекания реакции, температуры и скорости сдвига. Это позволило описать течение в литниковом канале. На стадии заполнения основной интерес представляет процесс уплотнения первоначально пористого материала. Рассматривая этот процесс как стягивание мелких пор, можно, используя соображения размерности, дать его описание и оценить константы, входящие в уравнение уплотнения. Получены зависимости, описывающие все стадии технологического процесса, и установлены условия его оптимального ведения. Рассчитана стадия ведения реакции после заполнения формы.

23 XII 1971. А. Д. Хонькин (Москва). *О парадоксе бесконечной скорости распространения возмущений в вязком газе.*

Закон Фурье о пропорциональности теплового потока градиенту температуры относится к квазистационарным условиям. При определенных условиях становится существенной поправка в этом законе, связанная с нестационарностью.

Чтобы замкнуть систему уравнений сплошной среды, не выписывая уравнений для высших моментов в уравнение Больцмана вводится член, пропорциональный (с малым коэффициентом  $\epsilon$ ) разности между искомой и локальной максвелловской функциями распределения, линеаризацией по  $\epsilon$ , получено интегральное уравнение, которое решается итерациями, причем учитывается только первое приближение. Получаются уравнения, справедливые для описания газа за времена порядка времени свободного пробега частицы. Градиент температуры оказывается линейной комбинацией теплового потока и производной от этого потока по времени; аналогично девиатор скоростей деформаций выражается через линейную комбинацию девиатора вязких напряжений и производной от последнего по времени. В стационарном случае приходим к обычным результатам, получающимся применением метода Чепмена — Энскога.

6 I 1972. С. А. Регрер (Москва). *О теории некоторых перистальтических течений.*

Перистальтическое прокачивание и перемешивание жидкости в трубках — один из наиболее распространенных гидродинамических процессов в живых организмах (работа пищевода, кишечника, мочеточников и т. д.). Теория перистальтического движения основывается на уравнениях типа гидродинамической теории смазки, которые могут быть решены точно, когда форма перистальтической волны задана. Если же форма неизвестна, но задано соотношение в данный момент в данном сечении между радиусом трубки и разностью давлений внутри и вне трубки, то задача сводится к нелинейному параболическому уравнению, допускающему точное аналитическое решение в отдельных частных случаях. Расчет на ЭВМ позволил проанализировать фазовую картину процесса и установить ряд качественных аналогий с картиной работы желудочка сердца.

20 I 1972. О. В. Голубева (Москва). *Теория двумерных течений в неоднородных средах.*

Течение жидкости в тонком слое переменной толщины, малой по сравнению с радиусом его кривизны, описывается системой уравнений

$$Pr_x = \psi_y, \quad Pr_y = -\psi_x$$

где  $P(x, y)$  описывает закон изменения толщины слоя. Структура уравнений сохраняется при конформных отображениях; меняется только вид  $P$ . Важны слои, для которых  $PP^* = 1$ .

Вводя  $\Phi = \rho\sqrt{P}$ ,  $\Psi = \psi/\sqrt{P}$  приходим к уравнению

$$\Delta\Phi = k\Phi \quad (k = (\Delta\sqrt{P})/\sqrt{P})$$

определяющему для данного  $k$  течение в целой серии слоев.

При помощи формул перехода все течения в слоях с толщиной, изменяющейся по закону  $y^{2k}$ , сводятся к некоторым плоским, а с толщиной, изменяющейся по закону  $y^{2k+1}$ , — к осесимметричным течениям. Основную роль играют фундаментальные решения, соответствующие источникам, и другие, получающиеся из них с помощью операций предельного перехода и отвечающие мультиполям.

Удается построить общее решение для областей, ограниченных кривыми второго порядка с помощью отображения на два листа римановой поверхности и последующего склеивания. Разработан ряд приближенных методов. Исследованы вопросы течения на многосвязных поверхностях.

3 II 1972. Б. М. Берковский (Москва). *Современные проблемы тепловой гравитационной конвекции.*

Одной из новых задач является изучение конвекции, возникающей в результате взаимодействия света с веществом, сопровождающееся поглощением и выделением тепла. Вследствие поглощения излучения максимальная температура достигается в глубине слоя. При достаточно большой интенсивности излучения равновесие становится неустойчивым и уступает место конвекции.

Более сложна задача о ферромагнитной жидкости. При этом в уравнениях гидродинамики учитывается сила, вызванная наличием у жидкости распределенного магнитного момента и магнитокалористический эффект. Предсказаны явления неустойчивости ферромагнитной жидкости в переменных полях с градиентом, внутренние волны, наподобие гравитационных, слабопоглощающиеся тепловые волны. Найдены условия, при которых при действии магнитного поля против силы тяжести равновесие ферромагнитной жидкости нарушается. В классической постановке показана возможность распространения по слою вязкой теплопроводной жидкости конечной глубины слабозатухающей температурной волны. Наилучшие условия распространения — при числе Прандтля, равном единице.

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

29 X 1971. Л. Н. Колтунова, Л. С. Позин (Москва). *Вопросы перемешивания жидкости при барботаже.*

Исследован процесс диффузии в круглой трубе при наличии неоднородных полей скоростей и коэффициентов турбулентной диффузии. Выполнено экспериментальное исследование поля скоростей жидкости в барботажном слое.

Установлено подобие полей коэффициентов продольной и поперечной турбулентной диффузии между собой. Найдено, что на границе между восходящим и нисходящим потоками жидкости коэффициенты турбулентной диффузии максимальны.

Для описания перемешивания жидкости в барботажном слое использована модель реактора с рециклом. Получены выражения для интегральной и дифференциальной функций распределения и их моментов в случае одиночного реактора и каскада последовательно соединенных реакторов с одинаковыми и различными параметрами перемешивания.

12 XI 1971. В. Г. Марков (Москва). *О задаче обтекания решетки сферических частиц.*

Рассматривалась задача об обтекании облака сферических частиц в предположении их статистической независимости и равномерном распределении в пространстве при малости числа Рейнольдса. Частицы могут иметь дисперсию по размерам. В первом приближении влияние частиц на поток интерпретировалось как воздействие точечных сил, приложенных в месте нахождения каждой частицы и равных с точностью до знака силе сопротивления частиц. В выражении для силы брался только главный член, пропорциональный скорости невозмущенного (для данной частицы) течения.

Получены уравнения для течения, осредненного по ансамблю частиц. Уравнения эти отличаются от уравнений Стокса членом, пропорциональным скорости, который описывает эффективное экранирование каждой частицы остальными частицами.

19 XI 1971. П. И. Цой (Тула). *Распространение звука в вязкой среде.*

Рассмотрена строгая математическая теория излучения и дифракции звуковых волн на сфере и цилиндре в вязкой среде. Применяя различные математические методы, найдены точные и асимптотические решения (для длинных и коротких волн) для следующих акустических задач;

- 1) стационарное и нестационарное излучение сферы. В случае стационарных задач найдены асимптотические решения, пригодные для численных расчетов в дальнейшей зоне для среды с малой вязкостью;
- 2) дифракция стационарных плоских и сферических звуковых волн на сфере;
- 3) дифракция нестационарных плоских звуковых волн на сфере, решение представлено в виде квадратур;
- 4) дифракция плоских стационарных и нестационарных звуковых волн на цилиндре. В случае 1,4 для стационарных задач найдены асимптотические формулы для гидродинамических величин в дальней зоне для среды с малой вязкостью. В случае 2 асимптотические формулы найдены как в дальней зоне, так и вблизи поверхности сферы.

10 XII 1971. В. М. Багин (Москва). *Об одной модели шаровых звездных скоплений с непрерывно распределенным по массе звездным составом.*

Рассматривалась задача об одной модели шаровых звездных скоплений с непрерывно распределенным по массе звездным составом. Было получено явное выражение для парциальной плотности распределения числа звезд по массам и координатам. Из найденного решения следует, что суммарная плотность массы в скоплении распределена по закону Шустера и на периферии скопления звезды меньшей массы последовательно вытесняют звезды большей массы, что качественно согласуется с результатами наблюдений.

17 XII 1971. В. И. Найденов (Москва). *К вопросу о неизотермическом течении вязкой несжимаемой жидкости.*

Рассматривалось стационарное течение вязкой несжимаемой жидкости в плоском диффузоре. Температура стенок диффузора считалась рациональной функцией полярного радиуса. Принималась экспоненциальная зависимость динамического коэффициента вязкости от температуры. Интегрировались уравнения движения и энергии, в которых пренебрегалось инерционными и диссипативными эффектами. Задача решалась методом последовательных приближений. Показана сходимость полученных функциональных рядов. Выяснено, что за счет обратного влияния температуры на скорость жидкости возможен отрыв жидкости от стенок даже при малых числах Рейнольдса.

7 I 1972. В. М. Чесноков (Москва). *Пульсирующее течение несжимаемой жидкости между неподвижными параллельными дисками.*

Решение задачи основывается на интегрировании уравнений Навье — Стокса, записанных в цилиндрической системе координат в предположении, что течение осесимметричное. Задан градиент потери напора как гармоническая функция времени. Получено, что скорость течения жидкости между неподвижными параллельными дисками будет изменяться по гармоническому закону со сдвигом фазы по отношению к колебаниям градиента потери напора. Амплитуда колебаний скорости зависит от безразмерного параметра, в который входит расстояние между дисками, круговая частота пульсаций и кинематический коэффициент вязкости жидкости. При больших значениях этого параметра поток жидкости распределяется на зоны сходящимися и расходящимися потоками, что при наличии нескольких точек перегиба и градиенте давления, направленном против потока, приведет на практике к нарушению ламинарности течения.

Семинар по кавитации под руководством К. К. Шальнева

1 III 1971. (под руководством И. А. Шалобасова). Р. М. Разаков (Москва). *Кавитация гасителей и расщепителей потока.*

Описываются результаты экспериментов с моделями гасителей в открытых лотках, в гидродинамических трубах и в натуральных условиях. Дается классификация зон кавитации в зависимости от конструкции гасителей и расщепителей и анализируют-

ся условия возникновения кавитации. Предлагаются следующие методы борьбы с кавитационными разрушениями:

- 1) пуск воздуха в зону кавитации;
- 2) придание сооружениям обтекаемых форм;
- 3) создание режимов с отрывной стадией кавитации.

**Семинар физико-химической аэромеханики и химической технологии под руководством В. В. Струминского**

Первое заседание 7 II 1972. В. В. Струминский (Москва). *О важнейших задачах физико-химической аэромеханики и химической технологии.*

На вновь организованном семинаре будут рассматриваться экспериментальные исследования и теоретические изыскания, направленные на создание:

- 1) теории движения твердых частиц в жидких и газообразных средах в ограниченных объемах;
  - 2) теории движения капель в газообразных средах ограниченных объемов;
  - 3) теории движения ансамбля пузырьков газа в жидких средах.
- Будут также освещаться теоретические исследования по созданию и обобщению:
- 4) кинетической теории движения двухфазных сред;
  - 5) кинетической теории роста капель жидкости и пузырьков газа;
  - 6) кинетической теории коагуляции твердых и жидких образований.

**Семинар по механике нефти и газа под руководством А. Х. Мирзаджанзаде и С. А. Христиановича**

1 IV 1971. Г. С. Степанова (Москва). *Расчет фазовых превращений газоконденсатных смесей.*

Ряд газовых месторождений обладает большими запасами конденсата — углеводородной жидкостью, способной к фазовым превращениям. Был разработан и реализован на ЭВМ алгоритм расчета фазового состояния газоконденсатных систем, опирающийся на экспериментальные данные по бинарным и простым смесям.

По разработанной методике рассчитаны фазовые состояния для газоконденсатных систем крупных месторождений (Вуктыльского и Оренбургского). Эти расчеты позволили проанализировать различные системы разработки (со снижением пластового давления и с закачкой газа для максимального конденсата).

29 IV 1971. Г. И. Баренблатт (Москва). *К теории нестационарной фильтрации несмешивающихся жидкостей.*

Обычная теория двухфазного течения в пористых средах основана на предположении о равновесном распределении фаз в поровом пространстве, которое не выполняется.

Предложена кинетическая схема, описывающая в линейном приближении неравновесные процессы при замещении фаз в пористой среде. Введено «запаздывание» фазовых проницаемостей в функции от насыщенностей. На основе полученной системы уравнений проанализированы процессы в стабилизированной зоне вблизи фронта вытеснения. Обнаружена немонотонная зависимость длины стабилизированной зоны от скорости вытеснения. Ранее подобная зависимость была обнаружена экспериментально.

27 V 1971. М. И. Швидлер (Москва). *Некоторые задачи фильтрации в средах со случайными неоднородностями.*

В рамках корреляционной и спектральной теории рассмотрены одноточечные и разноточечные корреляции таких элементов гидродинамического поля фильтрации, как проницаемость, давление, градиент давления, скорость фильтрации, энергия. Корреляционные моменты позволяют вычислить тензор эффективной проницаемости макроанизотропной неограниченной среды, локальные характеристики которой изотропны, а масштабы неоднородности по разным осям системы координат различны. Рассматриваются задачи дисперсии в потоке, флуктуирующем на макро-неоднородностях пористой среды. Указана связь параметров дисперсии с характеристиками структуры среды и потока. Формулируются обратные задачи определения структуры течения по измерениям концентрации примеси. Обсуждается возможная схема расчета фильтрации с предельным градиентом в средах со случайными неоднородностями.

9 XII 1971. В. Л. Данилов, Р. М. Кац (Москва). *Метод однородных зон решения нелинейных многомерных задач массопереноса в пористых средах.*

Метод основан на зональной линеаризации квазилинейного уравнения сохранения массы суммарного потока между выбранными поверхностями уровня (равной насыщенности или концентрации). Это эквивалентно осреднению фильтрационного сопротивления в соответствующих зонах. Тогда форма функции осредненного давления может быть выбрана заранее, и определение динамики поля поверхностей уровня сводится к задаче Коши для системы интегродифференциальных уравнений в частных производных.

Применение метода и его сходимость иллюстрируются на задаче о движении двухфазной жидкости к одиночной скважине в неограниченном пласте при первоначальной прямолинейной границе раздела зон с предельными насыщенностями и задаче о вытеснении одной жидкости другой в элементе пятиточечной системы расположения скважин.

Для решения обеих задач используется метод разложения искомых функций в степенные ряды.

3 II 1972. Г. И. Баренблатт (Москва). *Неравновесные эффекты при фильтрации вязко-упругих жидкостей.*

Экспериментальными исследованиями последних лет обнаружено, что при фильтрации вязко-упругих жидкостей (растворов полимеров и некоторых нефтей) после начала их движения при постоянном перепаде давления расход жидкости постепенно падает. Если же прекратить прокачку жидкости, а затем ее возобновить при том же перепаде давлений, то расход фильтрационного потока оказывается значительно больше, чем перед перерывом (перерыв достаточно длительный), а затем вновь начинает падать. Предложена теоретическая схема, объясняющая указанные переходные процессы перекрытием поровых каналов вязко-упругими пробками (ассоциатами), которые в период остановок релаксируют и освобождают пути фильтрации. Дана система уравнений, описывающая этот неравновесный процесс и предсказывающая экспоненциальное снижение расхода в процессе фильтрации.

Технический редактор Э. Ф. Бунова

Сдано в набор 17/V-1972 г.	Т-14054	Подписано к печати 28/VII-1972 г.	Тираж 1850 экз.
Зак. 558	Формат бумаги 70×108 $\frac{1}{16}$	Усл. печ. л. 15,4 Бум. л. 5 $\frac{1}{2}$	Уч.-изд. л. 16,5

2-я типография издательства «Наука». Москва, Шубинский пер., 10