

УДК 531/534:061.3

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МЕХАНИКИ АН СССР  
СЕМИНАРЫ<sup>1</sup>

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

Восемьдесят четвертое заседание 25 II 1971. А. Х. Мирзаджанзаде (Москва). *О фильтрации газо-жидкостных систем.*

Общепринятым при расчетах движения газо-жидкостных систем является использование представления о фазовых проницаемостях. Между тем в ряде случаев результаты расчета, основанные на лабораторно измеренных фазовых проницаемостях, резко расходятся с промышленными данными. Это расхождение может быть связано как с неоднозначностью фазовых проницаемостей, так и с учетом других явлений. К их числу относятся, прежде всего, изменение термодинамических свойств системы (например, давления насыщения газированной нефти или давления начала конденсации в газоконденсатной системе) благодаря присутствию пористой среды. В частности, это приводит к заметному различию давлений и конденсации в блоках и трещинах трещиновато-пористой среды. Другим существенным явлением может быть перенос связанной воды при движении газовой фазы. Расчет показывает, что вследствие переноса воды может происходить осушка призабойной зоны скважины и увеличение их производительности (что и наблюдается на практике).

Представляет интерес также влияние на фазовые проницаемости двухфазной системы силы тяжести, обнаруживаемое в экспериментах (различие фазовых проницаемостей при движении сверху вниз и снизу вверх).

Восемьдесят пятое заседание 18 III 1971 г. А. А. Первозванский (Ленинград). *Оптимальные линейные правила в задаче управления запасами\**.

Восемьдесят шестое заседание 1 IV 1971. Р. Л. Салганик (Москва). *Исследования кинетики разрушения и развития трещин в полимерных материалах\**.

Восемьдесят седьмое заседание 15 IV 1971. Д. Бреквелл (США, Стенфордский университет). *О стохастической оптимизации при наведении в космосе\**.

Восемьдесят восьмое заседание 29 IV 1971. Г. Н. Чернышев (Москва). *Сосредоточенные контактные, тепловые и силовые воздействия на оболочки\**.

Восемьдесят девятое заседание 13 V 1971. Л. А. Галин (Москва). *Некоторые вопросы барботажа и флотации.*

Имеется в виду задача о движении газовых пузырьков через жидкость (барботажа) и задача об извлечении из жидкости твердых частиц (флотация). Интерес представляет рассмотрение нестационарных процессов, поскольку они дают больше информации.

Выделяются две задачи барботажа: удаление газообразной примеси и движение газообразной примеси в изотермических или неизотермических условиях реагирования ее с веществом. В первой задаче вводится концентрация газообразной примеси в пузырьках  $c_1$  и концентрация газообразной примеси в жидкости  $c_2$ .

Записывается уравнение переноса в пренебрежении диффузией, но с учетом конвективного члена, связанного со средней скоростью потока, причем прибыль ее определяется членом, линейно зависящим от  $c_1$  и  $c_2$ . Для второй записывается уравнение диффузии с учетом обмена. Во второй задаче добавляется концентрация  $c_3$  компоненты, которая реагирует с  $c_2$ . Добавляется уравнение сохранения для реагирующей компоненты и уравнение теплового баланса с учетом теплоты реакции.

Была разработана методика численного решения таких (одномерных) уравнений и представлены результаты решения соответствующих граничных задач.

При рассмотрении флотации используется схема, аналогичная бинарной химической реакции, заключающейся в том, что пузырек, захватывая частицу, образует некоторый комплекс. Соответственно вводится концентрация пузырьков  $n_1$ , частиц  $n_2$  и комплексов  $n_3$ . Для этих величин записываются уравнения переноса с конвективными членами, соответствующими, естественно, разным величинам скоростей переноса; интенсивность прибыли и расходования, записываемая в правых частях, принимается пропорциональной произведению концентраций. Задача решается в одномерной постановке.

<sup>1</sup> Подробности о содержании семинаров, отмеченных звездочкой, см. «Изв. АН СССР, МТТ», 1971, № 6.

Девяностое заседание 27 V 1971. Е. А. Красильщикова (Москва). *Дифракция акустической волны на движущейся и неподвижной пластинке.*

Рассматривается в акустическом приближении падение наклонной слабой ударной волны на пластинку, движущуюся по произвольному закону в своей плоскости. Течение считается плоским и безвихревым. Вначале решается задача для стационарной пластинки. Фронты волн разбивают плоскость  $x, t$  на ряд областей; потенциал  $\varphi(x, z, t)$  может быть представлен интегралом по области в плоскости  $z = 0$ , содержащим производную  $\varphi_z$ . Однако эта производная известна не всюду; на остальной части области задан потенциал. Поэтому вначале строится интегральное уравнение для  $\varphi_z$ , решаемое так же, как и в теории тонкого крыла, после чего решение строится последовательно для моментов между пересечением фронтов волн (прямых и отраженных) с концами пластинки.

В случае движущейся пластинки дополнительно приходится отыскивать неизвестное значение потенциала за пластинкой, для чего используется условие Жуковского; в остальном подход остается прежним.

Девяносто первое заседание 10 VI 1971 г. В. И. Юдович (Ростов-на-Дону). *Устойчивость, вторичные стационарные течения автоколебания вязкой несжимаемой жидкости.*

Исследование устойчивости началось с работ Рейнольдса, однако первые попытки теоретически установить момент потери устойчивости были неудачны, поскольку исследовалось устойчивое течение Куэтта. Впоследствии тем же методом малых возмущений была доказана неустойчивость Пуазейлева течения, однако метод исследования вызывал возражения, тем более, что известны случаи, когда первый метод Ляпунова не применим. Поэтому первая задача состояла в обобщении понятия устойчивости и доказательстве аналога теоремы Ляпунова об устойчивости и неустойчивости по первому приближению. При этом оказалось, что, ввиду бесконечномерности исследуемых систем (уравнения в частных производных) для формулировки доказательства важно правильно выбрать соответствующие функциональные пространства; более того, одни и те же движения могут быть устойчивы или неустойчивы в зависимости от выбранной метрики (например, стационарное движение идеальной жидкости, возмущаемое вихрем). Возможно, стационарные турбулентные движения — это как раз движения, неустойчивые в смысле одних метрик и устойчивые в смысле других.

В случае потери устойчивости стационарного или периодического движения возможно, что спектр задачи в момент перехода содержит точку 0 или имеются два сопряженные корня. Первый случай соответствует порождению нового стационарного решения; второй — автоколебаниям. Новые решения вблизи точки бифуркации могут быть найдены методом возмущений. Таким способом доказано строго условие возникновения тейлоровских вихрей между вращающимися цилиндрами и показано, что такое течение существует вплоть до следующей точки бифуркации (переход следующего характеристического числа через ось).

Девяносто второе заседание 24 VI 1971. В. А. Пальмов (Москва). *Колебания упруго-пластических тел* \*.

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

Сто семнадцатое заседание 8 I 1971. О. В. Воинов, А. Г. Петров (Москва). *Движение сферы переменного объема в идеальной жидкости.*

Рассмотрена задача о движении сферы изменяющегося радиуса в идеальной несжимаемой жидкости. Изменение радиуса сферы происходит под действием постоянного давления в бесконечности. В точной постановке решены задачи о движении сферы в безграничной жидкости и около плоскости. Показано, что из-за наличия начальной поступательной скорости или близости плоскости процесс захлопывания прекращается при определенном значении радиуса, причем поступательная скорость значительно возрастает при захлопывании.

Найдено асимптотическое решение задачи о захлопывании сферы, значительно удаленной от плоскости. Полученное решение согласуется с численными расчетами, основанными на точных выражениях для потенциала скоростей и кинетической энергии жидкости. В результате захлопывания почти вся потенциальная энергия полости переходит в энергию поступательного движения и в итоге сфера касается плоскости. Скорость в момент касания может достигнуть больших изменений.

На основе рассмотренной задачи предложена модель воздействия кавитационного пузырька на твердую поверхность. Показано, что модель сферически симметрично

захлопывающегося пузырька приводит к относительно невысоким давлениям на поверхности. Во много раз большие давления развиваются за счет удара жидкости при смятии движущейся полости о твердую границу.

Сто восемнадцатое заседание 15 I 1971. В. Я. Марецкий (Днепропетровск). *Обратная краевая задача упруго-пластического кручения* \*.

Сто девятнадцатое заседание 29 I 1971. Ю. А. Бувич, В. В. Бутков (Москва). *Режимы массообмена при экстракции в двухфазных прямо и противоточных реакторах*.

Сформулированы уравнения, определяющие движение фаз и интегральный межфазовый массоперенос в изотермических двухфазных реакторах. Рассмотрены простейшие модели экстракции, не сопровождающейся изменением удельного объема фаз, и растворение газа в противоточных и прямоточных колоннах. В докладе рассмотрены процессы массообмена между дисперсионной (сплошной) средой и диспергированной (дисперсной) фазой при наличии относительного движения фаз применительно к процессам в различных барботажных и распылительных установках. Использовано макроскопическое описание массопереноса: величины, характеризующие локальное перемешивание в реакторе и обмен импульсом и массой между дисперсионной средой и единственной частицей (каплей или пузырьком) диспергированной фазы, предполагаются известными функциями макроскопических параметров. В докладе исследованы установившиеся режимы простой экстракции. Показано, что эти режимы определяются значением трех безразмерных параметров, зависящих от скоростей обеих фаз, объемного коэффициента массопередачи, коэффициента распределения, объемной концентрации дисперсной фазы и высоты колонны. Приводятся рабочие характеристики колонны, соответствующие заданным значениям коэффициентов насыщения или извлечения. Рассмотрена оптимизация работы колонны по разным параметрам (по скорости сплошной среды, высоте колонны, размеру капель дисперсной фазы и т. п.)

Сто двадцатое заседание 26 II 1971. Е. В. Семенов (Москва). *Некоторые задачи о вращательном движении вязкой жидкости в щелевых областях*.

Вопросы развития течений в быстро вращающихся щелевых областях тесно связаны с исследованием процессов, происходящих в различного вида центробежных разделителях, используемых в химической и пищевой промышленности (сепараторы, центрифуги и т. п.).

В сообщении приводится система уравнений Навье — Стокса в биконической системе координат предлагается решение линеаризованной осесимметрической задачи о движении вязкой жидкости в узком зазоре между двумя быстро вращающимися соосными конусами и источником, помещенным в вершине.

Сто двадцать первое заседание 12 III 1971. В. И. Найденев (Москва). *Стационарные течения вязкой несжимаемой жидкости в диффузоре с теплообменом*.

Рассматривались вопросы распределения температуры и скорости жидкости, текущей в плоском диффузоре. Было показано, что дифференциальное уравнение, описывающее процесс теплообмена, сводится к изученным обыкновенным дифференциальным уравнениям. Задача в этом случае решалась при произвольных граничных условиях. При исследовании поля температур использовался профиль скоростей, полученный Гамелем. При рассмотрении течения жидкости с коэффициентом вязкости, зависящим от температуры, доказывалось, что в общем случае радиальные направления в диффузоре не являются линиями тока. Однако, отбрасывая инерционные члены, выбирая определенные краевые условия для уравнения баланса тепла, в котором пренебрегается диссипацией от внутреннего трения, можно получить радиальные течения. Показано, что в случае произвольных граничных условий для уравнения теплообмена, используя метод малого параметра, можно отыскать функцию тока, зависящую от двух переменных.

Сто двадцать второе заседание 19 III 1971. А. К. Приварников (Днепропетровск). *О неполном контакте упругого слоя с основанием* \*.

Сто двадцать третье заседание 26 III 1971. В. С. Тоноян (Ереван). *Некоторые плоские задачи теории упругости для полуплоскости с вертикальными разрезами* \*.

Сто двадцать четвертое заседание 9 IV 1971. П. М. Белоцерковский (Москва). *Установившиеся течения идеальной несжимаемой жидкости с линиями разрыва внутри потока*.

В классической теории струй идеальной жидкости рассматриваются течения с линиями разрыва, отделяющими струю от покоящейся жидкости. В последнее время в связи с новыми приложениями исследуются течения с разрывом внутри потока.

Доклад посвящен исследованию течений с критической точкой на линии разрыва. Особое внимание уделяется случаю, когда константа Бернулли принимает различные значения по разные стороны линии разрыва.

Сто двадцать пятое заседание 16 IV 1971. Ю. А. Бувич, В. Н. Николаевский (Москва). *Уравнения моментов для однородной турбулентности с анизотропией вихревого характера.*

Рассматриваются общие представления двухточечных моментов в случае анизотропии, обусловленной наличием характерного антисимметричного тензора. Исходя из уравнения несжимаемости, формулируются требования соленоидальности. При этом оказывается, что корреляционный тензор поля скоростей выражается через три независимых скалярных потенциала. Из уравнений Навье — Стокса получены соответствующие (разделившиеся) уравнения для потенциалов, обобщающие уравнение Кармана — Ховарта, дано выражение для структурной функции через введенные потенциалы. Указаны примеры корреляций, тождественно равных нулю в изотропном случае, и отличных от нуля из-за вихревой анизотропии. Наличие подобной анизотропии соответствует турбулентным потокам, микроструктура которых характеризуется угловой скоростью, кинематически независимой от поля средних скоростей.

Сто двадцать пятое заседание 16 IV 1971. О. М. Чурмаев (Москва). *Некоторые вопросы теории барботажа.*

Рассмотрена задача о барботажном реакторе в случае, когда процесс сопровождается химической реакцией, причем в ходе реакции может выделяться (или поглощаться) тепло. Считается, что константа скорости реакции зависит от температуры по закону Аррениуса. Задача сводится к решению системы четырех дифференциальных уравнений в частных производных с соответствующими граничными и начальными условиями. Решение производилось численно, методом сеток.

Исследована зависимость протекания процесса от изменения различных параметров: предэкспоненциального множителя константы скорости химической реакции, теплового эффекта реакции, энергии активации, удельного коэффициента массоотдачи, константы Генри. Для решения задачи применялись различные разностные схемы. Дано их сравнение.

Сто двадцать шестое заседание 7 V 1971. А. Т. Листров, Ю. А. Шуринов (Воронеж). *Об устойчивости течения слоя ньютоновской поляризуемой жидкости в электрическом поле.*

Рассматривались особенности поведения малых трехмерных возмущений свободной поверхности слоя микрополяризованной диэлектрической жидкости, стекающей по наклонной плоскости в постоянном однородном электрическом поле.

Замечено, что установившееся плоскопараллельное течение рассматриваемой среды в электрическом поле, возможно, если вектор напряженности электрического поля расположен в плоскости течения или ортогонален ей.

Основное внимание уделено обобщению теоремы Сквайра на случай течений поляризующихся сред в электрическом поле. Показано, что несимметричность тензора силовых напряжений при наличии массовых моментов от электрической поляризации может при определенных условиях явиться причиной потери устойчивости течения на трехмерных возмущениях.

Сто двадцать седьмое заседание 14 V 1971. В. М. Багин (Москва). *Об одной модели звездных скоплений с осевой симметрией и однородным по массе звездным составом.*

Рассматривалась модель звездного скопления с осевой симметрией и однородным по массе звездным составом, в котором в общем случае средняя окружная скорость звезд отлична от нуля. Получены два вида решений, причем первое отвечает известному решению Шустера, а второе характеризуется двумя центрами концентрации звезд. Частным случаем первого решения являются кольцевые скопления, а второго членкообразные. Все возможные случаи распределения плотности числа звезд подтверждаются наблюдениями.

Для полученных двух типов распределения плотности числа звезд находятся два вида функций распределения числа звезд по скоростям и координатам, причем одна из них отвечает от известного распределения Эддингтона.

Сто двадцать восьмое заседание 18 VI 1951. Я. Р. Берман (Москва). *Об одном методе решения струйных задач для тяжелой жидкости.*

Рассмотрено приближенное решение плоской задачи струйного течения идеальной и несжимаемой жидкости из-под щита. Предполагалось, что свободной границе течения соответствует во вспомогательной плоскости дуга линии тока фиктивного течения, образованного суперпозицией равномерного потока, источников и стоков.

Условие на свободной границе в физической плоскости, выраженное интегралом Бернулли, удовлетворялось в нескольких точках, что привело к системе уравнений для определения интенсивностей источников и стоков; точность решения возрастала по мере увеличения числа источников и стоков фиктивного течения.

Сто двадцать девятое заседание 2 VII 1971. Е. Ф. Афанасьев (Москва). *Однородные решения динамической теории упругости \**

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

Заседание семинара 15 III 1971. 1. В. В. Козорев. 2. С. П. Сосницкий (Киев). *Исследование устойчивости волчка \**

Заседание семинара 29 III 1971. О. Ф. Бойчук (Киев). *Общее решение уравнений ошибок автономного определения координат, вызванных колебаниями платформы и несоблюдением начальных условий \**

Заседание семинара 5 IV 1971. Е. А. Привалов (Москва). *Оценка точности решения уравнений движения гиросtabilизатора методом осреднения Б. В. Булгакова \**

Заседание семинара 19 IV 1971. Д. Бреквелл (США, Стенфордский университет). *Робот — велосипедист, едущий на велосипеде без рук \**

Заседание семинара 3 V 1971. В. И. Эйдельмант (Москва). *О представимости возмущений, действующих на систему в виде помехи типа «белый шум» \**

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

Шестидесятое заседание 10 III 1971. В. Д. Райзер (Москва). *Обсуждение метода конечных элементов \**

Шестьдесят первое заседание 19 V 1971. К. Л. Суоров (Москва). *Численный расчет пологих оболочек по нелинейной теории \**

Шестьдесят второе заседание 26 V 1971. С. П. Северов (Москва). *Исследование процесса выворачивания оболочек \**

Шестьдесят третье заседание 2 VI 1971. П. Е. Товстик (Ленинград). *О плотности частот колебаний тонкой оболочки вращения \**

УДК 531/534:061.3

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ ПО НЕУСТАНОВИВШИМСЯ ТЕЧЕНИЯМ ВОДЫ С БОЛЬШИМИ СКОРОСТЯМИ

Симпозиум проходил в Ленинграде 22—26 июня 1971 г. В работе симпозиума приняли участие 203 ученых, из них 126 советских и 77 зарубежных из 18 стран. На 9 заседаниях был заслушан 41 доклад, в том числе 13 от СССР и один совместный от Венгрии и СССР.

Со вступительным словом выступил председатель Научного комитета и Советского организационного комитета Л. И. Седов. Он охарактеризовал общее направление работы симпозиума: рассмотрение основных проблем гидродинамики кавитационных течений при движении тел в жидкости с большими скоростями и при соударении потоков жидкости и капель с твердыми телами, рассмотрение теоретических и