

согласование. В частности, в области полутени получается возрастание, а в области тени уменьшение магнитного поля по сравнению с межпланетным.

В. Б. Баранов (СССР) в своем докладе рассмотрел вопрос об опрокидывании волн Римана в бесстолкновительной плазме с анизотропным давлением на основе гидродинамических уравнений Чу, Гольдбергера и Лоу.

Подавляющая часть докладов, представленных на симпозиуме, была посвящена проблеме взаимодействия атомов и молекул газа с твердыми поверхностями. Из экспериментальных работ здесь следует отметить работу канадских ученых Е. Москаля и Дж. Френча, в которой исследуется перенос нормального импульса частиц на вольфрамовую поверхность при помощи моноэнергетических пучков нейтральных молекул гелия и аргона. Энергия частиц аргона 0.06—0.53 эв. Пучки получались газодинамическим методом, а измерения проводились при помощи чувствительных микровесов. Для измерения потоков молекул использовался масс-спектрометр.

В докладе югославских ученых И. Кушера и в других докладах с его участием предпринимается попытка теоретического построения граничного условия на твердой поверхности для функции распределения частиц по скоростям. Строится интегральное соотношение с ядром, свойства которого исследуются.

Ряд докладов был посвящен квантовой теории вычисления коэффициентов аккомодации. Из этих работ необходимо отметить работу Ф. Гудмена (Канада), в которой предлагается трехмерная теория, дающая, как указано автором доклада, лучшее совпадение с различными экспериментальными результатами.

Оригинальной по своей постановке является работа М. Басби и Р. Брауна (США) «Экспериментальное изучение рассеяния аргоновых молекулярных пучков на твердой поверхности», в которой поверхность мишени создается в ходе эксперимента. Получены данные по пространственным характеристикам рассеяния. Здесь следует, однако, отметить, что достоинства работы снижены отсутствием данных о кристаллической структуре аргонового криосоадка на поверхности мишени.

В работе американских ученых М. Шеера, Р. Клейна и Дж. Мак-Кинли экспериментально исследуется взаимодействие атомов лития с молибденовой поверхностью. Определяются параметры десорбции, на основе которых строятся потенциалы взаимодействия атомов и ионов лития с молибденовой поверхностью.

Весьма содержательный обзор последних достижений теории взаимодействия атомов газа с твердыми поверхностями был дан в докладе Ф. Гудмена (Канада).

В своем докладе на пленарном заседании профессор Л. Триллинг (США) использовал сравнительно простую феноменологическую модель для описания экспериментальных результатов по рассеянию инертных газов на твердых поверхностях. Эта теория сравнивается с результатами экспериментов по рассеянию как моноэнергетических пучков, так и пучков, в которых распределение частиц максвелловское. При этом используются данные по рассеянию аргона, криптона, ксенона на вольфраме, серебре, платине, золоте и никеле при углах падения атомов 30—80°, энергиях 0.03—1.5 эв и температурах поверхности 443—2100° К. Сравнение проводилось для величины $\Delta\theta$ отклонения максимума индикатриссы рассеяния от зеркального угла. Получено согласование с точностью $\pm 2^\circ$ при значениях $\Delta\theta$ до 20°.

В. Б. Баранов, В. П. Шидловский

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МЕХАНИКИ АН СССР СЕМИНАРЫ¹

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

Шестидесять восьмое заседание 19 II 1970 г. Ю. П. Райзер (Москва) *Дозвуковой режим распространения разряда и «световой плазматрон».*

Для получения плазмы используются высокочастотные (~ 10 Мгц) и сверхчастотные (~ 3000 Мгц) плазматроны. Вместе с тем заманчиво иметь световой плазматрон, в котором плазма создается и поддерживается лучом лазера, и не нужны средства транспортировки электромагнитной энергии. В световом плазматроне происходит нагрев газа за счет поглощаемой энергии излучения. Поглощение энергии возрастает с увеличением степени ионизации газа, а степень ионизации возрастает с увеличением температуры. В результате возникает температурно-ионизационная вол-

¹ Подробности о содержании семинаров, отмеченных звездочкой, см. в журнале «Механика твердого тела», 1971, № 1.

на, распространяющаяся наподобие пламени навстречу потоку излучения. Распространение ее описывается уравнениями газовой динамики и теплопроводности. Простейшая схема — одномерное медленное (не детонационное) распространение волны. В отличие от горения возможен режим нулевой скорости распространения волны, которому как раз и отвечает пороговое значение мощности излучения, при котором возможно существование стационарных режимов. Расчетные значения пороговых режимов для неодимового лазера $S = 13 \text{ Мвт/см}^2$ (900 квт), что близко к наблюдаемым значениям; при лазере на CO_2 пороговая мощность 7 квт. Пороговая мощность резко снижается при повышении давления (более чем на порядок при повышении давления до 10 атм).

Шестидесятое заседание 5 III 1970 г. В. Б. Лидский, Н. В. Харькова (Москва) *Спектр системы уравнений, описывающий осесимметричные колебания оболочки вращения**.

Семидесятое заседание 7 V 1970 г. Ф. Л. Черноусько (Москва) *Вопросы механики жидкости, ограниченной гибкой пленкой.*

В некоторых системах, применяемых в технике, жидкость заключена в оболочку из гибкой пленки. Поэтому представляет интерес исследование задач механики жидкости частично или полностью ограниченной гибкой пленкой. Своеобразие этих задач состоит в том, что уравнение гидромеханики нужно рассматривать совместно с уравнениями, описывающими поведение пленки. В докладе были приведены постановка и решение задач равновесия, устойчивости и движения жидкости, ограниченной гибкой пленкой. Жидкость предполагается несжимаемой, а пленка — не растяжимой и не сопротивляющейся изгибу.

Особенности задач статки выясняются на простейшей плоской задаче равновесия тяжелой жидкости, ограниченной пленкой. Эта задача рассматривается как вариационная задача с двумя изопериметрическими условиями. Одно из условий выражает постоянство объема жидкости, а другое — нерастяжимость пленки. Оказывается, что число форм равновесия изменяется от единицы до бесконечности в зависимости от параметров задачи. Однако всегда имеется единственная устойчивая форма равновесия, тип которой также зависит от параметров задачи.

Для осесимметричных задач равновесия характерна возможность наличия бесконечного числа складок вдоль меридиальных направлений на пленке. Решение этих задач сводится к краевым задачам для нелинейных дифференциальных уравнений, которые решались численно. Попутно вычислялись возникающие в пленке напряжения.

Динамические задачи изучались для плоских движений идеальной жидкости, ограниченной пленкой. Оказывается, что при возникновении напряжения пленки может происходить гидродинамический удар о гибкую нерастяжимую пленку. Поведение системы при ударе характеризуется некоторой величиной, имеющей смысл присоединенной массы пленки. Приводятся примеры.

Семьдесят первое заседание 25 VI 1970 г. С. Г. Крейн (Воронеж) *О колебаниях вязкой жидкости.*

Семьдесят второе заседание 16 VII 1970 г. Г. Т. Овнатанов (Москва) *Эффект разгрузки горного давления в нефтегазовых месторождениях, выявленный в экспериментальных работах ВНИГНИ**.

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

Сто пятое заседание 13 III 1970 г. Ю. И. Шмаков, Е. Ю. Таран (Киев) *Структурно-континуальный подход в реологии растворов полимеров.*

Предложены реологические уравнения состояния слабых растворов полимеров, в качестве модели макромолекул которых может быть принят жесткий эллипсоид вращения.

При получении уравнений состояния использовались реологическая модель простой анизотропной жидкости Эриксона и структурные теории собственной вязкости Джеффри и Санто.

Полученные уравнения состояния использованы для исследования ряда течений: плоское течение Куэтта, одноосное растяжение, течение с однородным полем скоростей, течение в плоском канале и т. д. Показано, что неньютоновское поведение рассматриваемой среды (зависимость эффективной вязкости от скорости сдвига, эффект нормальных напряжений Вайсенберга) обусловлено броуновским движением.

Сто шестое заседание 20 III 1970 г. В. Г. Соколов (Москва) *Некоторые вопросы тепло-массообмена при пленочном течении вязкой жидкости.*

При малом значении числа Рейнольдса рассматривалось движение тонкого слоя вязкой несжимаемой жидкости в слое газа постоянной толщины. Зависимость продольной скорости от поперечной координаты содержит малый параметр. Это позволило искать решение уравнения конвективной теплопроводности в виде ряда по степеням этого параметра. Первый член такого ряда удовлетворяет однородному параболическому уравнению со смешанными краевыми условиями, решение которого представляется в виде ряда по функциям Бесселя первого рода дробного индекса.

Второй член ряда и все последующие удовлетворяют неоднородному параболическому уравнению с однородными условиями.

При регулярно-волновом режиме течения предполагалось, что процессы, происходящие в слое жидкости, описываются приближениями пограничного слоя. Решение уравнения движения и уравнения теплопроводности искалось методом последовательных приближений, основанных на замене инерционных и конвективных членов средними по слою выражениями. Показано существование волнообразной поверхности раздела, найдено распределение скоростей и температуры в слое жидкости.

Сто седьмое заседание 27 III 1970 г. В. М. Мирсалимов (Москва) *О влиянии пластичности на динамику роста трещин* *.

Сто восьмое заседание 24 IV 1970 г. Ю. П. Гупало (Москва) *Вопросы механики дисперсных систем и процессов в многокомпонентных средах.*

Анализ режимов работы реактора с взвешенным слоем и выбор для него адекватной математической модели связаны с исследованием структуры взвешенного слоя. В качестве модели реактора с однородным слоем вполне пригодна модель идеального вытеснения с интегральным учетом тепловыделения. Доказано существование стационарных режимов, рассмотрены вопросы единственности и устойчивости. Модель перестает быть пригодной при нарушениях однородности структуры взвешенного слоя, возникающих вследствие появления устойчивых разрывов концентрации. В результате решения задачи о предельном равновесии слоя и переходе его во взвешенное состояние получено условие образования разрыва и определены области, в которых эти разрывы возникают. Исследование устойчивости разрывов показывает, что минимальная длина волны нарастающих возмущений зависит в основном от величины коэффициента поверхностного натяжения α на границе дисперсная система — жидкость. Предложена модель поверхностного натяжения и определены значения α в зависимости от физических параметров дисперсной системы.

Сто восьмое заседание 24 IV 1970 г. А. А. Шматкова (Москва) *Исследование контактных задач линейной вязкоупругости при высоких скоростях движения штампов* *.

Сто девятое заседание 15 V 1970 г. Ю. А. Бувеч (Москва) *Статистическая механика дисперсных систем.*

Рассмотрены флуктуации концентрации моно- и полидисперсной системы, вычислены дисперсия и временная корреляционная функция числа частиц, находящихся в выделенном объеме. Построена спектральная теория флуктуаций концентрации, рассматриваемой как непрерывная функция времени и координат.

Кинетическое уравнение для взвешенных частиц получено из уравнения Колмогорова — Чепмена и помимо стандартных членов содержит члены, описывающие диффузию в пространстве скоростей, которые характеризуют влияние пульсаций скорости и давления жидкой фазы на случайное поведение частиц. Из кинетического уравнения получаются уравнения сохранения массы и импульса диспергированной фазы, рассматриваемой в континуальном приближении, и уравнение переноса пульсационной энергии частиц. Аналогичные уравнения для жидкой фазы получены усреднением уравнений Навье — Стокса, описывающих движение жидкости в промежутках между частицами.

Кинетическое уравнение решено методом, представляющим собой модификацию метода Чепмена — Энского в кинетической теории. Сформулированы динамические уравнения, описывающие движение обеих фаз дисперсной системы в приближениях, соответствующих обычным приближениям Эйлера и Навье — Стокса. В этих уравнениях появляются дополнительные потоки и напряжения, обусловленные пульсациями частиц и жидкости.

Структура пульсационных движений фаз рассмотрена методами корреляционной теории стационарных случайных процессов. В качестве стохастических уравнений использованы уравнение Ланжевена для движения отдельной частицы и уравнение Навье — Стокса для пульсационного движения жидкости. Различные величины, характеризующие пульсации, получены в виде определенных функций от переменных, описывающих среднее движение дисперсной системы, и от физических параметров.

Сто десятое заседание 26 VI 1970 г. А. Б. Айвазов (Москва) *О моделировании динамических механических свойств двухкомпонентных полимерных смесей**.

Семинар по кавитации и кавитационной эрозии под руководством К. К. Шальнева.

Первое заседание 11 IV 1969 г. Б. А. Чернявский (Москва) *Работа струйного усилителя в режиме кавитации.*

Исследовались модели струйного усилителя, работа которого основана на явлении примыкания плоской струи к стенке диффузора — эффекта Коанда. Исследования проводились в диапазоне чисел Рейнольдса $Re = (10-250) \cdot 10^3$ в гидродинамической трубе Института проблем механики АН СССР, где могли создаваться различные кавитационные режимы. Бескавитационные режимы течения исследовались при $Re = 3000$ в гидродинамическом лотке.

Обнаружены две вихревые системы, являющиеся центрами кавитации и возникающие при истечении струи жидкости из сопла в область, ограниченную стенками: 1) вихри, движущиеся по поверхностям струи; 2) вихри, вызванные поворотом вторичного эжектируемого потока.

Частота появления вихрей определяется законом Струхалия при $S = 0.1$. Установлено, что струйный усилитель сохраняет работоспособность в начальной и средней стадиях кавитации, еще не распространяющейся в выходные каналы. При отрывной стадии кавитации, уходящей в выходные каналы, прекращается эффект прилипания плоской струи к стенке диффузора, поэтому усилитель не может работать при обычных методах управления струей.

Получены значения критических (соответствующих возникновению) и предельных (соответствующих началу суперкавитации) чисел кавитации для моделей различных геометрических форм.

Предлагаемая формула для подсчета критического числа кавитации согласуется с экспериментом.

Второе заседание 18 IV 1970 г. П. Р. Дыро (Одесса) *О воздействии на кавитацию с помощью нерастворенного воздуха.*

Приводятся результаты экспериментальных исследований влияния впускаемого воздуха на протекание кавитации в трубках Вентури и на работу центробежного насоса при наличии в нем кавитации и без нее.

Исследования проводились на кавитационном насосном стенде.

Трубки Вентури изготавливают из прозрачного оргстекла, что позволяло проводить визуальные наблюдения.

В результате было выяснено, что впускаемый воздух снижает кавитационный шум и вибрацию трубок и удлиняет инкубационный период кавитационной эрозии. Эти изменения вызваны демпфирующими свойствами, образующейся при впуске смеси вода — воздух.

Впуская воздух по капилляру, можно «увести» каверны со стенок трубок в поток, превратив их из паровых в газовые. Впуск воздуха в кавитирующий насос до 1.5% по объему вблизи рабочего колеса практически не изменяет рабочих характеристик насоса (Q, H, η), но снижает шум. Работа насоса устойчива и экономически целесообразна.

В ходе выполнения работы был разработан и исследован прибор для замера малых расходов воздуха (от 0.01 до 0.1 $см^3/сек$).

Третье заседание 10 IV 1970 г. А. А. Жестков (Москва) *Физические и гидромеханические процессы кавитации в запорных органах трубопроводов.*

Исследования состояли в проведении серии экспериментов с затворами разных типов: плоских, кольцевых, дисковых, поворотных, шаровых диаметром 50—500, 1400 мм. Эксперименты заключались в определении зависимости критического коэффициента кавитации от относительной степени открытия затворов.

Эксперименты проводились как с моделями затворов в рабочей камере кавитационной трубы ИПМ АН СССР, так и с опытно-промышленными образцами затворов, которые испытывались на гидравлической установке ВНИИ ВОДГЕО и на действующей насосной станции Москвы.

Использован инструментальный способ обнаружения кавитации и регистрации ее последующего развития путем осциллографирования пульсаций давлений в пристеночном потоке за клапаном затвора.

Установлена зависимость между критическим коэффициентом кавитации и относительным открытием и коэффициентом местного сопротивления затвора. Форма

клапана и ориентация его относительно направления потока существенно влияют на кавитационно-вибрационную устойчивость затворов.

Полученные экспериментально-теоретические зависимости позволили выявить наиболее кавитационно-устойчивый тип затвора — кольцевой, а также установить влияние «масштабного эффекта» на критические параметры, определяющие условия возникновения кавитации в затворах.

Разработанный в ходе исследований способ осциллографирования пульсаций давления в кавитационной зоне был применен для оценки эффективности впуска воздуха из атмосферы, воздушной смеси (подвод по байпасу воды), направленных на борьбу с кавитацией и подавление вибрации затворов.

С целью выяснения механизма эвакуации воздуха из зоны кавитации применялась скоростная киносъемка зоны кавитации за цилиндром в плоском потоке.

Результаты данных исследований используются Пензенским филиалом ЦКБ Арматуростроения при разработке и изготовлении опытного образца дискового поворотного затвора диаметром 300 мм и заводом «Водоприбор» (Москва) при разработке конструкции и изготовлении опытного образца кольцевой задвижки диаметром 500 мм.

Четвертое заседание 11 V 1970 г. Ю. И. Варской (Калуга) *Определение плотности кавитирующего потока и его эрозионного воздействия на обтекаемые поверхности электрометрическим методом.*

Доложено о электрометрическом методе исследования кавитации. Метод основан на измерениях электрического сопротивления кавитирующего потока в функциональной зависимости от изменения его плотности. Отсюда выявляется возможность не только установить возникновение и развитие кавитации, но и определить количественное значение возникшей во времени и даже мгновенной средней плотности кавитирующего потока.

Для практического использования предложенного способа были проведены методические исследования с целью его обоснования и определения фактических возможностей и характеристик измерения: разработан и сконструирован измерительный прибор, выбраны электроды и схемы их размещения, определено влияние температуры на проводящие свойства электролитов, определена активная зона влияния потока по глубине на его электрическое сопротивление и решен ряд других вопросов.

Исследования проводились на кавитационном стенде в камере прямоугольного сечения 3×8 см² с прозрачными крышками в диапазоне скоростей от 16 до 28 м/сек за различными телами и на сложных криволинейных поверхностях.

При определении плотности кавитирующего потока для моделирования изучаемого процесса применялись плоскостные и объемные аналоги кавитационной зоны.

Выявлена принципиальная возможность использования разработанного электрометрического метода для динамических исследований кавитирующего потока и применения метода осциллографирования для контроля за возникновением и развитием кавитации в потоке. Показана возможность использования данного метода для определения других структурных характеристик потока, таких как размеры, скорости движения границы и количество кавитационных пузырьков в разные периоды их развития, а также размеры и количество ядер кавитации.

Пятое заседание 19 VI 1970 г. Б. В. Покровский (Москва) *Кавитационный шум и вибрация центробежных насосов.*

Были доложены результаты работ, проводимых во ВНИИ Гидромаше, по исследованию кавитационного шума и вибраций в центробежных насосах. Исследование производилось на специальном стенде, размещенном в заглушенной камере, что позволило исключить влияние шума и вибрации подводящей системы. Воздушный шум и виброускорения измерялись в звуковом диапазоне частот $20 \div 20000$ гц. Процессы кавитации наблюдались визуально, а эрозионные разрушения определялись при помощи лакового покрытия, наносимого на стенки каналов.

Шумы и вибрации насосов исследовались в зависимости от кавитационного запаса на входе в насос при постоянной подаче, от подачи при постоянном кавитационном запасе и числа оборотов на подобных режимах работы.

Было установлено, что в подавляющем большинстве случаев центробежные насосы работают в той или иной стадии кавитации, которую условно можно разбить на четыре области кавитационных режимов, резко отличающихся друг от друга уровнями вибрации и шума, поведением кавитационных пузырьков и каверн и характером эрозионных разрушений.

Получены данные о спектральном составе шума и вибрации при кавитации и выяснены возможности их снижения. Определены режимы, обеспечивающие минимальную шумность насосов.

В ходе дискуссии состоялся обмен мнениями по вопросу о причинах, вызывающих виброакустические эффекты, а также по вопросу терминологии кавитационных процессов.

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

Заседание семинара 23 III 1970 г. А. В. Бауер (Москва) *Кинематика движения шарика в скоростном радиально-упорном подшипнике* *.

Заседание семинара 7 IV 1970 г. Д. М. Климов, Г. Н. Космодемьянская (Москва) *Движение шарика в идеальном шарикоподшипнике* *.

Заседание семинара 20 IV 1970 г. П. К. Плотников (Саратов) *Об одной форме дифференциальных уравнений движения тяжелого гироскопа в неинерциальной системе координат* *.

Заседание семинара 25 V 1970 г. Г. В. Корнев (Москва) *Применение тензорного исчисления в механике точки и твердого тела* *.

Заседание семинара 1 VI 1970 г. Г. Н. Космодемьянская (Москва) *Уравнения аналитической динамики в тензорной форме и их применение в теории электрических машин* *.

Заседание семинара 1 VI 1970 г. В. Н. Бранец, И. П. Шмыглевский (Москва) *Применение кватернионов в управлении угловым положением твердого тела* *.

Заседание семинара 8 VI 1970 г. В. В. Филатов (Москва) *О влиянии ошибок изготовления шариковых подшипников карданова подвеса на уход гиросприборов* *.

Заседание семинара 15 VI 1970 г. Ю. А. Гартунг (Москва) *Обобщенная прецессия сферических движений твердого тела* *.

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

Сорок девятое заседание 4 III 1970 г. А. Л. Гольденвейзер, Г. Н. Чернышев (Москва) *Переходные линии в динамике оболочек* *.

Пятидесятое заседание 18 III 1970 г. В. П. Шевченко (Донецк) *Напряженно-деформированное состояние пластинок и оболочек при локальных воздействиях* *.

Пятьдесят первое заседание 1 IV 1970 г. Г. И. Пшеничнов (Москва) *Точные решения некоторых задач о колебаниях жидкости в упругих безмоментных оболочках* *.

Пятьдесят второе заседание 27 V 1970 г. Б. Я. Кантор (Харьков) *Некоторые нелинейные задачи теории пологих оболочек* *.

Пятьдесят третье заседание 3 VI 1970 г. А. Г. Асланян, В. Б. Лидский, Н. В. Харькова (Москва) *Осцилляционная теорема в теории колебаний оболочек вращения* *.

Пятьдесят четвертое заседание 17 VI 1970 г. И. Л. Шаринов (Москва) *Некоторые задачи устойчивости цилиндрических оболочек, составленных из двух листов разной толщины* *.