

УДК 531/534:061.3

**IV ВСЕСОЮЗНОЕ СОВЕЩАНИЕ  
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОГИДРОДИНАМИКИ»  
(Жданов, 1—5 сентября 1987 г.)**

**Черный Г. Г.** (Москва). *Физико-механическая модель сверхглубокого проникновения высокоскоростного потока микрочастиц в твердое тело.*

Описано новое физическое явление — проникание на очень большую глубину внутрь металла частиц порошка различных материалов (металлических и неметаллических), разогнанных до скорости порядка 2 км/с. Приведены многочисленные экспериментальные данные и предложена физико-механическая модель движения частиц в твердой среде, объясняющая аномально низкое сопротивление их движению. В модели принято, что твердая среда в условиях больших скоростей деформации является идеально упругой, а движение частицы в такой среде происходит путем расклинивания среды с образованием системы трещин в меридианных плоскостях; трение при этом ограничено величиной разрушающего напряжения при сдвиге. Установлены диапазоны размеров частиц и скорости их движения, в которых возможно движение по описанному механизму. Решены две модельные гидродинамические задачи о движении тела в твердой среде с образованием слоя расплава у границы соприкосновения тела и среды.

**Овсянников Л. В.** (Новосибирск). *Теоретико-групповой метод анализа дифференциальных уравнений аэрогидродинамики.*

Теоретико-групповой анализ позволяет внести в множество решений уравнений механики жидкостей и газов определенную структуру, которую можно использовать для построения классов точных решений, преобразования уравнений, отыскания законов сохранения и т. п. Ведущий тезис группового анализа дифференциальных уравнений: допускаемая уравнениями группа действует на множестве их решений. Отсюда вытекает ряд конкретных задач группового анализа: групповой анализ как естественное развитие и обобщение широко используемого в приложениях анализа размерностей; примеры результатов группового анализа дифференциальных уравнений аэрогидромеханики; проблема классификации точных решений.

**Русанов В. В.** (Москва). *О точности аэродинамических расчетов.*

Рассмотрены виды погрешностей, возникающих при численном решении задач аэродинамики на ЭВМ. Предложены критерии, удовлетворение которых необходимо для возможности корректного сравнения расчетов и физического эксперимента. Обсуждены вопросы оценки погрешностей для различных классов аэродинамических задач.

**Лифшиц Ю. Б., Шагаев А. А.** (Москва). *Проекционно-сеточный метод для расчета потенциальных трансзвуковых течений.*

Потенциальное приближение в теории трансзвуковых течений, основанное на уравнениях сохранения массы, энтропии и энергии, имеет погрешность порядка квадрата интенсивности скачков уплотнения. Для уменьшения этой погрешности до куба интенсивности скачков на их фронтах предлагается удовлетворять соотношению Праудтля между нормальными к ним скоростями. При численном решении уравнения потенциала это сводится к размещению на фронтах скачков соответствующего распределения источников. Полученные таким способом результаты в задаче обтекания профиля хорошо согласуются с данными расчета этих течений при помощи уравнений Эйлера.

**Атанов Г. А.** (Донецк). *Об одном методе интегрирования уравнений газовой динамики.*

На основе новой интерпретации схемы С. К. Годунова разработан алгоритм построения разностных соотношений для нелинейных неоднородных уравнений гиперболического типа, основанный на разностной аппроксимации условий на характеристиках, предварительно записанных через частные производные. Получены соотношения для расчета неизэнтропических течений в подвижных сетках. Метод опробован на расчете до- и сверхзвуковых квазиодномерных течений воды в гидрорушке, подводного электрического взрыва с различной симметрией. Решения практически совпадают с полученными методом «распада разрыва», однако время счета уменьшается в среднем на порядок.

Голубятников А. Н. (Москва). *О динамическом отделении энергии-импульса от массы в неоднородных механических системах.*

В рамках релятивистской механики сплошной среды развивается идея, выдвигнутая Л. И. Седовым, о производстве безмассовых частиц, обладающих энергией, импульсом. Приведен ряд точных решений, описывающих динамическое отделение энергии-импульса от массы покоя при разгоне ударной волны до скорости света за счет падения начальной плотности среды.

Бунимович А. И. (Москва). *Локальные методы в механике.*

Обзор и анализ новых результатов применения гипотезы локального взаимодействия для выявления глобальных закономерностей и расчета характеристик тел при движении в различных средах.

Бутков А. С., Лапыгин В. И. (Москва). *О применимости модели идеального газа при исследовании сверхзвукового обтекания тонких удлиненных тел.*

На примере обтекания конфигурации конус — цилиндр рассматривается влияние вязкости газа на параметры возмущенного течения. Метод расчета основан на разностной схеме Мак-Кормака. В зависимости от числа Маха и углов атаки выделены три режима обтекания. Полученные результаты позволяют исследовать пределы применимости модели идеального газа при вычислении как местных параметров потока на поверхности широкого класса конфигураций, так и их интегральных характеристик при сверхзвуковых скоростях.

Зубков А. И., Панов Ю. А., Тыныбеков А. К. (Москва). *Расчет коэффициентов усиления боковой силы, возникающей при взаимодействии поперечной струи со сверхзвуковым потоком.*

Метод расчета основан на использовании обобщенных эмпирических зависимостей, связывающих параметры задачи. Поперечная струя газа заменяется эквивалентным твердым телом. Распределение давления вдоль линии симметрии аппроксимируется двумя параболоми. Поле изобарических кривых на поверхности вблизи струи аппроксимируется двумя семействами вложенных друг в друга замкнутых кривых с давлениями, равными давлениям на оси симметрии. Донное давление задается постоянным по площади, занятой эллипсом. Найденные значения суммарной силы хорошо согласуются с полученными в весовых испытаниях при  $M=3$ .

Миносцев В. Б., Розин А. В. (Москва). *К расчету обтекания оперенных тел при сверхзвуковых скоростях полета.*

Описывается метод расчета сверхзвукового пространственного обтекания оперенных тел с учетом их вращения относительно продольной оси. Метод основан на численном решении уравнений Эйлера, вращение консолей оперения учитывается в рамках гипотезы искривления, которая правомерна при небольших безразмерных скоростях вращения и углах атаки. Для тел большого удлинения целесообразно использовать модификации В. П. Колгана в схеме С. К. Годунова. Описана методика расчета и приводится аналитическое решение задачи о раскрутке оперенного тела под действием набегающего потока.

Рылов А. И. (Москва). *Оптимальные сверхзвуковые несимметричные плоские сопла.*

Приведены результаты решения вариационных задач газовой динамики для плоских сопел с несимметричными ограничениями на силовые и геометрические характеристики. Условия оптимальности используются как для теоретического анализа, так и для численного построения поля оптимальных силовых характеристик, на основе которых проведен анализ широкого класса сопел.

Гимранов Э. Г., Михайлов В. Г. (Уфа). *Торможение сверхзвукового потока с переходом от  $M>1$  к  $M<1$  («псевдоскачок») в каналах газодинамических устройств.*

Анализируются квазиодномерные уравнения движения газа, позволяющие рассматривать изменение параметров в условиях различных физических воздействий, дано их общее решение (прямая и обратная задачи). Экспериментально установлено, что профили скоростей в зоне перехода описываются универсальной функцией распределения дефекта скорости, характерной для струйных течений. Рассмотрена модель струйно-турбулентного «псевдоскачка», методом интегральных соотношений получены выражения для длины зоны торможения, распределения давлений, найдены особые решения.

Пилюгин Н. Н., Галипов Р. Ф. (Москва). *Гиперзвуковое обтекание затупленного тела неравномерным потоком газа при наличии сильного вдува с поверхности.*

Рассматривается стационарное осесимметричное течение в ударном слое между отошедшей ударной волной и поверхностью тела, с которой производится сильный вдув газа. Неравномерный набегающий поток соответствует дальнейшему гиперзвуковому следу. Аналитическое решение задачи проводится в рамках трехмерной модели с заменой области молекулярного переноса контактной поверхностью. Аналитическое решение сравнивается с численным решением уравнений гиперзвукового вязкого ударного слоя, полученным разностным методом повышенной точности. Исследованы условия возникновения возвратно-циркуляционных течений.

Пейгин С. В. (Томск). *Вязкий ударный слой в неравномерном потоке газа.*  
Изучено влияние неравномерности гиперзвукового потока вязкого однородного газа на коэффициенты трения, теплообмена, отход ударной волны и структуру течения в ударном слое при обтекании затупленных тел. В окрестности критической точки с главными кривизнами разных знаков возможна качественная перестройка течения, в результате которой в центре слоя возникает интенсивная зона возвратных течений, а толщина ударного слоя резко возрастает, дано физическое объяснение возникающей бифуркации решения.

Сигалов Г. Ф. (Иркутск). *Тело вращения минимального волнового сопротивления с заданной длиной и диаметром донного сечения в околосвуковом потоке газа.*

На основе метода полной аппроксимации дано обобщение формулы Паркера на случай околосвуковых скоростей. Из полученной формулы строится функционал вариационной задачи для оптимизации головной части тела вращения при заданных ограничениях. В отличие от линейной (сверхзвуковой) теории получена форма головной части тела, зависящая от числа Маха и значительно отличающаяся от оживала Кармана.

Чернов И. А. (Саратов). *Редукция нестационарного трансзвукового уравнения к квазистационарному.*

С использованием группового анализа найден класс частных решений нестационарного трансзвукового уравнения Линя — Рейснера — Тзыня. Рассмотрены плоский, осесимметричный и пространственный случаи. Известные сопловые решения стационарного уравнения трактуются как нестационарные с выяснением роли произвольных функций времени, входящих в решение. Рассмотрены нерасчетные режимы работы сопла, в сверхзвуковой части которого наблюдается ударная волна, имеющая форму квадратичной параболы.

Гувернюк С. В. (Москва). *Адиабата проницаемой поверхности.*

Анализируются свойства ударного перехода в идеальном совершенном газе через поверхность разрыва с сосредоточенными силами; установлен вид полной адиабаты, управляющей рассматриваемым ударным переходом при всех возможных режимах; выяснены критерии переключения режимов. Приводятся примеры наблюдавшейся в эксперименте последовательной смены режимов взаимодействия потоков газа с перфорированной границей. Обсуждаются возможности упрощений при постановке задач аэродинамики проницаемых тел.

Савинов К. Г., Гувернюк С. В. (Москва). *Формообразование и устойчивость положений равновесия гибкого проницаемого экрана в сверхзвуковом потоке газа.*

Поставлена и решена задача о невязком сверхзвуковом обтекании цилиндрической разомкнутой гибкой проницаемой оболочки, закрепленной на прямолинейных образующих с возможностью скольжения. Определено влияние величины и способа распределения проницаемости на форму оболочки и ее аэродинамические характеристики. Для случая закрепления образующих с возможностью угловых отклонений обнаружено два положения равновесия: статически неустойчивое при симметричном обтекании и статически устойчивое при обтекании под углом атаки.

Тешуков В. М. (Новосибирск). *Об условиях устойчивости ударных волн.*  
Из известных критериев устойчивости изолированных ударных волн получены необходимые и достаточные условия на термодинамические свойства среды, обеспечивающие затухание и невозрастание возмущений на поверхности ударной волны любой интенсивности. Исследована устойчивость регулярного отражения ударных волн в газе, удовлетворяющем найденным условиям.

Глаголев А. И., Зубков А. И., Лягушин Б. Е., Панов Ю. А. (Москва). *Незамкнутые пространственные отрывные течения.*

Рассмотрены типы незамкнутых пространственных отрывных течений, возникающих вследствие взаимодействия скачка уплотнения с турбулентным пограничным слоем при обтекании сверхзвуковым потоком трехмерных препятствий, поперечных газовых струй, встречных пристеночных струй, осесимметричных тел вблизи поверхности, препятствий на ребрах внешних и внутренних двугранных углов. Проанализированы общие характерные для всех типов течений черты и частные особенности, свойственные данному типу течений.

Швец А. И. (Москва). *Колебания давления в струйных и отрывных течениях газа.*

Исследованы структура течения, колебания давления и акустическое излучение сверхзвуковых газовых струй при взаимодействии с потоками газа и с преградой. Определены режимы, при которых реализуются интенсивные колебания скачков уплотнения и излучение дискретного тона. Обобщены экспериментальные данные по пульсациям давления в пограничном слое при обтекании тел с отрывом потока. Рассмотрены различия в уровнях и спектрах пульсаций при обтекании сверхзвуковым потоком затупленных тел, донных частей, препятствий на пластинах.

**Зубин М. А. (Москва).** *Отрыв пограничного слоя в конических течениях.*

Приведены результаты экспериментального исследования отрыва турбулентного пограничного слоя в конических течениях, возникающего под действием одной или нескольких падающих ударных волн. Различные случаи взаимодействия изучались при сверхзвуковом обтекании V-образных крыльев. Отрыв пограничного слоя может существенно изменять режимы обтекания крыльев, полученные в расчетах на модели идеального газа. Предложена методика прогнозирования таких режимов. Исследованы условия возникновения отрыва, предложены эмпирические зависимости для расчета положения и размеров области отрыва.

**Пасконов В. М., Панкратьев И. Л. (Москва).** *Численное моделирование течений вязкого газа около тел конечных размеров.*

На основе численного решения полной системы нестационарных уравнений Навье — Стокса с помощью неявной схемы метода переменных направлений исследуется структура сверхзвукового течения около головной части затупленного по конусу цилиндра с длинными передними иглами, а также в ближнем следе за телами с различными профилями кормы. Сильное увеличение длины иглы приводит к изменению структуры течения около лобовой поверхности и существенному уменьшению полного сопротивления тела. Изменение кормовой части летательного аппарата в некоторых случаях приводит к уменьшению сопротивления тела на 30—50%.

**Худяков Г. Е. (Москва).** *Аэродинамика плохо обтекаемых тел.*

Аэродинамика плохо обтекаемых тел необходима для оценки воздушных и ветровых нагрузок на промышленные объекты и прогнозирования аэроупругой неустойчивости. Рассматривается прикладное значение аэрономики и экспериментальной аэродинамики транспортных средств. Показывается эффективность использования метода аэродинамической оптимизации геометрических параметров для улучшения аэродинамических показателей. Представлены результаты аэродинамической доводки форм ряда моделей автомобилей.

**Баулин Н. Н. (Москва).** *Измерение радиофизических и оптических характеристик газов в аэробаллистическом эксперименте.*

Представлены измерения концентрации и эффективной частоты соударений электронов в ионизованном газе за телом, движущимся с гиперзвуковой скоростью ( $\sim 6$  км/с) в баллистической трассе, проведенные открытым СВЧ-резонатором 8-миллиметрового диапазона. В одном эксперименте регистрировалось изменение электронной концентрации более чем на три порядка величины на расстояниях 50—1500 калибров от тела. Проведены измерения мощности излучения воздуха из ударного слоя на длине волны  $\lambda = 0,63$  мкм. Хорошее соответствие рассчитанной и измеренной спектральной излучательной способности воздуха позволило находить температуру в ударном слое с погрешностью, не превышающей 6%.

**Зверев О. В., Тихомиров С. Г. (Москва).** *Исследование излучения газа в ударном слое и ближнем следе за моделями, летящими с гиперзвуковой скоростью в аэробаллистической трассе.*

Проведен теоретический анализ экспериментальных данных по излучению в видимой области ( $\lambda = 0,63$  мкм) газа около моделей, летящих с гиперзвуковой скоростью. Рассчитанные значения температуры и объемного коэффициента излучения газа в ударном слое и следе за моделями хорошо согласуются с измеренными. Интенсивность излучения области горла следа примерно на порядок величины меньше интенсивности излучения ударного слоя.

**Ковалев В. Л., Крупнов А. А. (Москва).** *Исследование ламинарного, переходного и турбулентного течения в гиперзвуковом химически реагирующем вязком ударном слое.*

Использование концепции гиперзвукового вязкого ударного слоя позволило учесть влияние поглощения энтропийного слоя, которое в случае турбулентного режима заметно сказывается на интенсивности теплообмена уже на небольших расстояниях от затупления. Проведены расчеты в широком диапазоне изменения условий в набегающем потоке без ограничений на скорость химических реакций и режим течения. Определены конвективные тепловые потоки, равновесная температура поверхности, уровень ионизации и другие характеристики течения. Полученные результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными.

**Демьянов Ю. А. (Москва).** *Динамика формирования пограничных слоев и следов.*

Рассматривается формирование пограничных слоев и следов в течениях за ударными волнами и контактными поверхностями, например, в волне Римана, при распаде произвольного разрыва и при движении с ускорением, зависящим от времени. Большинство рассматриваемых задач зависит от двух комбинаций независимых переменных. Сингулярность полученных уравнений отражает факт влияния динамики движения и условий в начальном сечении. В случае пластинки конечной длины, двигающейся с  $v \sim t^n$ , объясняется причина возникновения при  $n < -0,5$  обратных токов в пограничном слое и влияния на него следа.

Козлов В. В. (Новосибирск). *Современные проблемы исследований отрывных и сдвиговых течений.*

Дан обзор последних работ по возникновению и развитию возмущений в отрывных и сдвиговых потоках. Для ламинарного отрыва обсуждается влияние волн неустойчивости малой амплитуды на структуру среднего потока и эффективную форму тела. В случае нестационарного турбулентного отрыва при наложении периодических внешних возмущений происходит возникновение и упорядочение когерентных структур в области отрыва. Результаты исследований указывают на взаимосвязь отрыва потока, устойчивости и когерентных структур.

Прудников А. Г. (Москва). *К вопросу структурной теории пограничного слоя.*

Для структурной вихревой модели пограничного слоя, состоящего из дорожки «вихревых клубков», приведены интегральные уравнения сохранения массы, относительного и абсолютного импульсов и момента крупного вихря. Даны аналитические решения этих уравнений, определяющие структурные и интегральные параметры свободного и пристеночного пограничного слоя. Дано функциональное и параметрическое сопоставление профилей гидродинамических параметров, распределений вероятностей их структурных и интегральных характеристик с современными экспериментальными данными.

Ривкинд В. Я. (Ленинград). *Исследование поступательного движения и формы вращающихся масс вязкой несжимаемой жидкости.*

Рассматривается стационарное и нестационарное вращательно-поступательное движение капель в потоке, описываемое внутри и вне капли полной системой уравнений Навье — Стокса для несжимаемой жидкости. Для нестационарного течения предлагаются квазистационарные модели. В ходе расчетов обнаружено, что вращение капли вызывает появление возвратных тороидальных вихрей при меньших скоростях поступательного движения. Внутри и вне капли в лобовой части возможно возникновение застойных зон. Найдены моменты и коэффициенты сопротивления капли, время затухания и разгона вращения, формы капель в зависимости от характера движения.

Гонор А. Л., Кокшаров О. М. (Москва). *Экспериментальное исследование особенностей распада конечного объема вязкой жидкости.*

Определен закон расширения границы жидкого сферического слоя под действием взрыва. Установлено появление второго максимума скорости на заключительной стадии растекания жидкости, связанного с выходом второй ударной волны, наблюдаемой при распаде тонкого жидкого слоя на фрагменты (распад разрыва). Под действием взрыва слой вязкой жидкости растекается регулярным образом с сохранением заданной симметрии, превращаясь в тонкую оболочку, которая, теряя устойчивость, распадается на фрагменты случайным образом. Результаты расчета растекания слоя дают удовлетворительное совпадение с опытом.

Гилинский М. М. (Москва). *Исследование задач многофазной газодинамики дискретно-траекторным численным методом.*

Излагаются основные результаты исследования задач обтекания затупленных тел и струйных течений, полученных с помощью специально разработанного явного итерационного численного метода расчета неоднородных течений применительно к случаям возникновения пересечения траекторий частиц. Обсуждаются перспективы развития метода и его применение к сложным газодинамическим проблемам.

Люлька В. А. (Москва). *Об определении значений механических величин вязкого течения в каналах.*

На основе численного решения двухмерных стационарных уравнений Навье — Стокса для несжимаемой жидкости обсуждается возможность определения коэффициента сопротивления в трубах с резким изменением площади поперечного сечения и перепада давления в течениях двухфазных сред. Указывается на трудности, возникающие при получении достоверных численных результатов, и пути их преодоления.

Душин В. Р. (Москва). *Установившееся течение дилатантной жидкости в конических каналах.*

Рассмотрено автомодельное решение, описывающее установившееся течение несжимаемой дилатантной жидкости в конических каналах, как с учетом квадратичных членов инерции, так и в приближении Стокса. Численно исследована зависимость решений от определяющих параметров. Доказано, что решения краевой задачи для полной системы уравнений при больших значениях обобщенного числа Рейнольдса не единственны. Проведены сравнения решений в приближении Стокса с решениями полной системы уравнений.

Гонор А. Л. (Москва), Забужная В. И. (Днепропетровск). *Эффективное определение параметров течения при кавитационном обтекании гладкого профиля.*

С помощью теории конформного отображения близких областей в простом, явном от формы контура виде получено распределение скорости и давления на произвольном гладком профиле, близком к профилю эллиптической формы, для которого  $v = k \cos \alpha$ . Полученные результаты могут быть использованы для решения

задач кавитационного обтекания по схеме Рябушинского, для определения характеристик «волнистых» профилей, в задачах пленочного кипения и др.

Шкадова В. П., Козлов В. П. (Москва). *Вихревая модель для предсказания силы Магнуса на вращающихся осесимметричных телах.*

Рассматривается потенциальное течение в плоскости поперечного сечения осесимметричного тела. Потенциал этого течения есть аддитивная функция от суммы течений около цилиндра с двумя точечными вихрями в следе. Вихри привязаны к телу условной вихревой пеленой нулевой толщины и имеющей перепад давлений. Из уравнения баланса сил системы «вихрь+пелена» при помощи аналогии «пространство—время» находятся координаты положения вихрей, а из соотношений на границе—их циркуляции. Формулы для определения силы Магнуса и представлены как функции положения и интенсивности вихрей.

Полянский В. А., Еникеев И. Х., Шургальский Э. Ф. (Москва). *Некоторые результаты численного моделирования газодинамических течений в каналах сложной формы.*

Рассматриваются закрученные течения сжимаемого газа в каналах сложной формы при малых дозвуковых скоростях и при наличии встречных потоков. Цель исследования—качественный анализ влияния конструктивных параметров на характеристики течения. Для описания течения используются уравнения Эйлера. Задача о течении в канале решается численно модифицированным методом крупных частиц. Обсуждается возможность применения разработанной методики для исследования проблем химической технологии.

Максимцов В. М. (Донецк). *Статистические моменты продольных пульсаций скорости при течении поверхностно-активных веществ в канале.*

Представлены результаты исследования профилей и продольных пульсаций скорости лазерным анемометром при течении раствора промышленной пасты метатупон. Распределения по сечению канала коэффициентов асимметрии и эксцесса показывают, что при течении растворов метатупона по сравнению с водой область максимальной генерации турбулентной энергии смещается на большее расстояние от стенки. Добавки стабилизируют вязкий подслои и прилегающую к нему часть переходной зоны.

Полончук В. С. (Донецк). *Измерение распределения скорости в ультраструктуре.*

Предлагается квазибесконтактная система измерений, состоящая из лазерного доплеровского измерителя скорости, дополненного оптическим световодом, доставляющим зондирующее излучение в любую точку потока, и интерферометром Фабри—Перо, позволяющим проводить спектральный анализ рассеянного излучения на оптических частотах.

Лошкарёв Е. И. (Донецк). *Система измерения высоких импульсных давлений.*

Система измерения, основанная на менганиновом пьезорезисторном датчике, прочностные и частотные свойства которого позволяют измерять импульсные давления до 800 МПа и длительностью несколько десятков микросекунд, применена для измерения давления в импульсном водомете, гидропушке, электрогидравлических установках.

Бешевли Б. И. (Донецк). *Полуэмпирическая модель струи импульсного водомета.*

Предложена упрощенная полуэмпирическая модель струи импульсного водомета, позволяющая на основе расчета параметров внутренней баллистики и экспериментально найденных коэффициентов напора и внешнего к.п.д. определить распределение скорости по длине струи или по времени в данном месте пространства. Рассматриваются стадия истечения и стадия свободного полета.

Боровик О. Н. (Донецк). *Вариационная задача стабилизации уровня воды в открытых каналах.*

Предлагается метод определения режима работы гидротехнических сооружений на основе решения вариационной задачи оптимального управления, при этом имеют место разрывы параметров течения и множителей Лагранжа. По значениям параметров потока и множителей Лагранжа определяется функциональная производная, с помощью которой градиентным методом производится коррекция управления. Приведены тестовые расчеты управления насосной станцией.

Толстых В. К. (Донецк). *Вариационная задача идентификации в гидродинамике открытых русел.*

Для одномерных нестационарных квазилинейных гиперболических уравнений Сен-Венана, описывающих течения воды в открытых руслах, поставлена и решена задача идентификации распределенного коэффициента шероховатости  $n(x)$  как вариационная задача минимизации по  $n(x)$  функционала  $J$ , заданного только на границах русла и квадратичного по невязке рассчитываемого и экспериментального уровней воды. Был найден градиент функционала и организован метод второго порядка минимизации  $J$  (сопряженные градиенты). Доказана корректность решения задачи идентификации.

Евсеева Е. Г. (Донецк). *Некоторые исследования вариационных гидродинамических задач идентификации открытых русел.*

Течения воды с открытой поверхностью описываются системой нестационарных гиперболических уравнений Сен-Сенан, поэтому для отыскания градиента критерия качества идентификации  $J$  необходимо решать аналогичную сопряженную систему. Использованный для решения сопряженной задачи метод характеристик позволил точно выделить области влияния течения на функционал  $J$ . При идентификации распределенного коэффициента шероховатости исследовались области двух типов: для  $J$ , определенного на одной и на двух границах канала. Это треугольные области, ограниченные по времени соответственно одной и двумя характеристиками.

Ватажин А. Б., Клименко А. Ю., Лебедев А. Б., Сорокин А. С. (Москва). *Гомогенная конденсация в турбулентных затопленных изобарических струях.*

Сформулирована система уравнений для течений в турбулентных изобарических паровоздушных струях при наличии гомогенной конденсации. Проведено обобщение моментных кинетических уравнений для свободномолекулярного режима роста капель на другие режимы массообмена. На основе исследования структуры получены дополнительные условия на скачках нуклеации и конденсации. Изучена конденсация в турбулентной струе, в которую вводятся заряженные частицы. Разработан численный метод, позволяющий получать газодинамические и дисперсные характеристики потока для различных температурных условий.

Остапенко Н. А. (Москва). *Проникание тонкого тела со звездообразным поперечным сечением в упругое полупространство.*

С использованием принципа угловой суперпозиции построено точное аналитическое решение пространственной линейной задачи входа тонкого звездообразного тела с четным числом симметричных циклов. Задача сведена к решению системы волновых уравнений для потенциалов перемещения. При скорости острых передних кромок звездообразного тела, меньшей скорости распространения волны Рэлея, впереди них будет распространяться трещины, а при большей — нет. При одном из коэффициентов Ламе, равном нулю, найденное решение является общим решением задачи проникания тонкого звездообразного тела в сжимаемую жидкость.

Лунев В. В., Семиин В. А. (Москва). *Структура зоны неравновесного высокочастотного разряда.*

Рассмотрена структура неравновесного высокочастотного разряда в потоке газа с учетом конечной скорости ионизации. Для модели однотемпературной плазмы получены параметры подобия и численно построены универсальные зависимости в диапазоне от равновесного до предельно неравновесного течений. В предельных случаях получены зависимости основных искомых величин от определяющих параметров.

Бармин А. А., Пушкарёв Е. А. (Москва). *Наклонное взаимодействие альфвеновского разрыва с контактными в магнитной гидродинамике.*

Решена автомодельная задача о наклонном падении альфвеновского разрыва на контактный при всех допустимых значениях определяющих параметров. Полученные решения дают возможность исследовать всевозможные течения, возникающие при таком взаимодействии, и выявить ряд особенностей, обусловленных взаимодействием магнитного поля со средой.

Вартамян А. А. (Москва). *Некоторые электрогидродинамические течения слабопроводящих жидкостей.*

Слабопроводящая жидкость моделируется трехкомпонентной средой с учетом электрохимических реакций диссоциации и рекомбинации ионов в объеме жидкости и на электродах. На основе численного эксперимента дано объяснение экспериментальным фактам: образованию биполярных структур вблизи электродов, нелинейным зависимостям тока от времени и разности потенциалов. Предложены методы определения проводимости среды и коэффициентов подвижности ионов в случаях немонотонной зависимости тока от времени при импульсном включении.

Шамко В. В., Хайнацкий С. А. (Николаев). *Газодинамические особенности комбинированных электровзрывных источников.*

Построена одномерная модель газодинамических течений комбинированных электровзрывных источников. Стадия инициирования описывается тепловой моделью взрыва, а стадия разлета плазменного сгустка — полужемпирической моделью, базирующейся на пропорциональности проводимости и давления. Модель позволяет учесть газодинамические особенности на стадии инициирования взрыва и проанализировать возможность управления течением за счет изменения режима подвода энергии от внешнего дополнительного источника.

Канивец В. В. (Донецк). *Гидродинамика электроимпульсного струйного генератора.*

Численно исследовано формирование высокоскоростной импульсной струи электроимпульсного генератора — рассмотрена внутренняя баллистика и начальная стадия истечения струи. Объяснены экспериментально обнаруженные особенности

струи: кумулятивные выбросы и «жидкостные диски» — утолщения в струе. Кумулятивная струя формируется вследствие стекания потоков внутри генератора к его оси симметрии. Появление утолщений струи связано с пульсациями осевой скорости на срезе сопла.

Чуприн А. Н. (Донецк). *Многофокусный подводный электрический взрыв в камерах.*

На конкретных примерах обсуждаются особенности численного моделирования подводного электрического взрыва в различных технологических камерах. Расчеты проведены в рамках газодинамической модели с одинарной и двойной точностью методом «распада разрыва».

Кучеренко В. В. (Николаев), Семко А. Н. (Донецк). *Динамика газового пузыря при подводном электрическом взрыве.*

Представлены результаты экспериментального и теоретического исследования динамики парогазовой полости при подводном электрическом разряде в неограниченном объеме. Расширение полости в разных направлениях происходит с различными скоростями, что приводит к ее несферичности в максимуме. В рамках модели газовой динамики проведено численное исследование динамики парогазовой полости в одномерной постановке.

Ветров С. В. (Донецк). *Подводный электрический взрыв в упругопластических оболочках.*

Численно решена задача о внутреннем импульсном нагружении длинного упругопластического цилиндра при подводном электрическом взрыве. Определены контактные напряжения при импульсном нагружении двухслойных оболочек с учетом зазора между ними применительно к процессам развальцовки, запрессовки и т. п. Исследована зависимость контактного напряжения от величины и скорости ввода энергии подводного взрыва. Показано существование режима, обеспечивающего наибольшее значение контактных напряжений.

Мамошевский П. П. (Донецк). *Плазменный ускоритель — генератор кумулятивных струй.*

Обсуждаются данные экспериментов, выполненных при использовании ускорителя с рабочим объемом активной зоны  $0,1 \text{ дм}^3$  и энергии  $E_0 = 3,7 \text{ кДж}$ . Головная часть вытекающей струи теряет устойчивость на расстояниях, меньших своего диаметра, и приобретает форму вихревого кольца, по оси развивается кумулятивная струйка диаметром  $0,1$  от диаметра струи. Показана большая роль вихревых движений в формировании кумулятивных струй.

Окунев Ю. М., Раковский О. Ю. (Москва). *Об одном решении задачи внешней баллистики тела пространственной аэродинамической формы.*

В рамках модели квазистационарной аэродинамики без демпфирующих членов исследована задача внешней баллистики тела пространственной аэродинамической формы. Для легких быстролетающих объектов построена упрощенная модель и получено точное аналитическое решение пространственной задачи в случае слабой и сильной закрутки вокруг продольной оси. Установлено соотношение для аэродинамических параметров, гарантирующее эффективное демпфирующее действие подъемной силы на угловые колебания тела около центра масс. В случае плоского движения с несимметричным восстанавливающим моментом построена и исследована область динамической устойчивости в зависимости от определяющих параметров. Математическое моделирование показывает хорошее совпадение точной и упрощенной моделей движения.