

ные тела в магнитной жидкости, находящейся в механическом равновесии. Обсуждаются различные применения магнитных жидкостей, в том числе в условиях невесомости.

26 XII 1977 В. М. Дубовик, В. Б. Таранчук (Минск). *Исследование разностных схем для расчета насыщенности и давления в задачах вытеснения неньютоновских жидкостей.*

Приведены результаты методических исследований некоторых конечно-разностных схем для расчета насыщенности и давления в задачах фильтрации вязкопластических жидкостей.

Для решения получаемой системы применяется метод, основанный на раздельном определении на каждом временном слое давления и насыщенности. Пригодность различных схем первого и второго порядка аппроксимации для расчета разрывных распределений насыщенности изучается в одномерном случае. Для определения давления применяется метод установления; приведены результаты, иллюстрирующие сходимость итерационных процессов при расчете давления с помощью явной и неявной схем и схемы В. К. Саульева, когда рассматриваются различные режимы вытеснения.

УДК 531/534:0.61.3

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
им. М. В. ЛОМОНОСОВА

СЕМИНАРЫ

Семинар по численным методам решения задач аэрогидродинамики под руководством Г. И. Петрова, Л. А. Чудова, Г. Ф. Теленина, Г. С. Рослякова

3 II 1977. А. Т. Федорченко (Москва). *Численное исследование некоторых двумерных нестационарных течений вязкого сжимаемого газа.*

Изложен метод решения полной двумерной нестационарной системы уравнений Навье - Стокса для сжимаемого газа. Метод основан на явной пересчетной схеме с центрированными разностями, имеющей второй порядок аппроксимации. Приведены результаты исследования основных свойств предложенной разностной схемы.

С помощью данной схемы рассчитано плоское нестационарное течение вязкого теплопроводного газа в области с прямоугольной каверной в стенке ($Re=100, 500, 5000, M=0.5$). При $Re=5000$ наблюдается явление акустического резонанса в области каверны. Решена задача о нестационарном течении в цилиндрическом канале при монотонном росте расхода газа через торец канала. Исследуются нелинейные акустические эффекты при $Re=20, 200, 2000$ ($M=0.2$).

17 II 1977. Г. Е. Думнов, Г. Ф. Теленин (Москва). *Нелинейные волновые явления в закрытых трубах.*

Рассматривается нестационарное движение газа в резонансной трубе, индуцируемое синусоидально-колеблющимся поршнем. Задача в рамках модели невязкого газа и в одномерной постановке решалась численно при помощи разностной схемы третьего порядка точности.

В небольшой области частот вблизи частоты линейного резонанса системы обнаружено появление ударных волн, разогревающих газ. По мере разогрева система постепенно переходит от разрывных характеристик к гладким.

При малых амплитудах колебаний поршня аналитически получено выражение, позволяющее определить изменение полной энтропии системы, а следовательно и средних параметров, по мере выхода из области существования ударных волн. Аналогичные зависимости получены численно при больших амплитудах колебания поршня.

Сравнение результатов расчета с экспериментальными данными показало различие в амплитуде колебаний давления в районе частоты линейного резонанса, достигавшее 20% на этой частоте. Это различие объясняется эффектами вязкости в реальных течениях.

3 III 1977. Ю. Г. Малама (Москва). *Применение метода Годунова для моделирования высокоскоростного удара по полубесконечной мишени.*

Метод С. К. Годунова (оба семейства линий тока подвижны) применен к решению двумерной задачи о высокоскоростном ударе в интервале скоростей 7-40 км/сек. Прочностные свойства материала (алюминий) не учитывались. Основные результаты расчетов сводятся к следующему: подтвержден вывод зарубежных авторов об эквивалентности течений с одинаковыми значениями параметра подобия, зависящего от размера и скорости снаряда. При скорости удара ~16 км/сек начинается процесс испарения материала снаряда, однако количественно определить долю испаривше-

гося материала не удалось. Утверждается, что причиной этого является эйлеров характер использованного метода Годунова.

31 III 1977. Ю. М. Циркунов (Ленинград). *Численное исследование одномерного двухфазного течения в трубе с поршнем.*

Рассматривается задача о движении поршня в трубе, закрытой с одного конца. Поршень движется под действием сил давления со стороны газов, образующихся в результате горения гранулированного топлива. Нестационарное течение двухфазной смеси газа и горящих твердых частиц описывается на основе модели двухскоростной и двухтемпературной сплошной среды с учетом объема твердой фазы. Для численного интегрирования исходной системы уравнений построена разностная схема сквозного счета. Результаты расчетов сравниваются с экспериментальными данными.

14 IV 1977. В. Н. Емельянов, А. А. Патейчук (Ленинград). *Численный метод исследования течений в каналах сложной формы с проницаемыми стенками.*

Излагается метод автомодельного решения уравнений Навье – Стокса для случая течения жидкости в цилиндрическом кольцевом канале со вдувом через поверхность наружного цилиндра. Показывается сходимостъ решения при увеличении Re к пределу, соответствующему вихревому движению идеальной жидкости.

Излагается конечно-разностный метод расчета вихревых течений невязкой жидкости в осесимметричных каналах произвольной формы. Приводится сравнение полученных результатов с экспериментальными данными, а также с аналитическими решениями, полученными Г. Ф. Телениным в рамках теории исчезающей вязкости.

28 IV 1977. З. М. Емельянова, Б. М. Павлов (Москва). *Численное исследование сверхзвукового вязкого обтекания заглушенного тела при вдуве с его поверхности.*

В рамках полных уравнений Навье – Стокса для сжимаемого газа, которые аппроксимируются с помощью неявной условно-устойчивой разностной схемы второго порядка точности, исследуется влияние дозвукового вдува на формирование вязкого ударного слоя. Предполагается, что газы в набегающем и вдуваемом потоках однородны и совершенны. Стационарное состояние потоков газа в ударном слое находится численно способом установления. Рассмотрен режим обтекания с бесконечно тонкой отошедшей ударной волной при равномерном и распределенном вдуве с поверхности сферического носка для $M_\infty=10$, $\gamma=1.4$, $Re=10^4$ при изменении параметра вдува $k=(\rho v)_w/(\rho v)_\infty$ в диапазоне $0 \leq k \leq 1.4$. Получены картины течения, определены давление, теплообмен и трение на теле, проведены сравнения с известными теоретическими работами и экспериментальными данными. Показано, что предлагаемая численная методика позволяет более правдоподобно описать динамику развития слоя смещения с увеличением интенсивности вдува, чем асимптотические решения на основе уравнений типа пограничного слоя.

12 V 1977. Э. В. Прозорова (Ленинград). *Применение автомодельных переменных в задачах нестационарного пограничного слоя.*

Рассматривается система уравнений, описывающая нестационарный ламинарный пограничный слой. Для решения задачи используются автомодельные переменные, позволяющие получить двумерную систему уравнений, которая решается численно. Эти решения получены в следующих случаях:

1) для несжимаемой и сжимаемой жидкостей при скоростях на внешней границе $U_e = ct^a x^m$, $U_e = (1+ct)^b a x^m$;

2) для сжимаемого электропроводного газа при малых магнитных числах Рейнольдса, а также при больших магнитных числах Рейнольдса для импульсивно приведенной в движение пластины;

3) для бинарной сжимаемой смеси газов при скорости на внешней границе $U_e = ct^a x^m$.

Выяснено, что доминирующим фактором, определяющим тепловой и динамический профили, является градиент давления, а не ускорение.

26 V 1977. В. В. Знаменский (Москва). *Численное решение уравнения абляции.*

Рассматривается уравнение, описывающее изменение формы тела в результате абляции при гиперзвуковом обтекании в простейших предположениях (зависимость давления лишь от местного угла наклона на поверхности, метод эффективной длины для расчета конвективных тепловых потоков). Исследуются математические вопросы, возникающие при его численном решении. Доказана неустойчивость явных схем в окрестности критической точки. Предложена устойчивая явно-неявная схема, пригодная для сквозного счета негладких решений. Обсуждаются результаты расчетов.

9 VI 1977. В. А. Горяинов, У. Г. Пирумов, А. Т. Федорченко (Москва). *Двумерные нестационарные течения вязкого газа в каналах сложной конфигурации.*

Рассчитываются ламинарные дозвуковые ($M \leq 0.5$) течения вязкого газа в плоских и осесимметричных каналах Т-образной конфигурации при наличии распределенного равномерного вдува в боковую стенку на одном из участков канала. Числа Рейнольдса вдува $Re=10-100$. Исследование проводится на основе численного реше-

ания нестационарной системы уравнений Навье – Стокса для совершенного газа. Изучается (при малых Re) стационарное поле течения и проводится сравнение с результатами Г. Ф. Теленина и других авторов. Анализируются возникающие во всей области течения длинноволновые акустические колебания (при $Re=100$) и нестационарная вихревая картина течения при повороте потока вокруг прямого угла.

22 IX 1977. Г. Е. Думенов (Москва). *Колебания идеального газа в цилиндре с открытым концом под воздействием периодических пульсаций давления на входе.*

Рассмотрены колебания идеального газа в резонансной трубе под воздействием периодически меняющегося давления. Задача решена разностным методом с третьим порядком точности. На резонансном режиме в трубе возникают ударные волны, разогревающие систему, однако по мере подогрева течение газа в цилиндре снова становится непрерывным. При этом амплитуды колебаний и подогрев системы стремятся к некоторому конечному пределу. Однако если внешнее воздействие, задаваемое периодически меняющимся давлением, таково, что со временем меняет свою частоту, поддерживая колебания на резонансном режиме, то средняя температура системы будет неограниченно расти.

6 X 1977. Э. Г. Шифрин, Г. В. Шубников (Москва). *Численный метод решения задачи нестационарного течения идеальной жидкости со свободными границами.*

Рассмотрены два алгоритма численного решения нестационарной гидродинамической задачи. Первый, итерационный, основан на редукции к краевой задаче для системы уравнений, состоящей из уравнения Лапласа для потенциала скорости и $2n$ уравнений в частных производных первого порядка, описывающих движение каждой из n границ и изменение потенциала скорости на них. Во втором алгоритме на каждом временном шаге решается смешанная краевая задача для потенциала ускорения в деформирующейся области, а потенциал скорости находится по формуле конечных приращений. Этот алгоритм был реализован в виде программы численного решения на ЭВМ. Приводятся примеры расчетов.

27 X 1977. Г. С. Глушко, В. Д. Трасковский (Москва). *Расчет спектральных распределений турбулентных пульсаций параметров потока.*

Для расчета спектральных распределений турбулентных пульсаций параметров течения (скорости, температуры, весовых концентраций) численно интегрируются динамические уравнения энергетического спектра и плотности пульсаций пассивной примеси, замкнутые с помощью гипотезы Гейзенберга и формул для спектральных плотностей коэффициентов переноса, полученных из соображений теории размерностей. В качестве примера приводится расчет течения в круглой подогретой струе. В этом расчете предполагается, что турбулентные коэффициенты переноса зависят только от x (как в «новой» теории Прандтля) и определяются из расчетного среднего по сечению спектра турбулентной энергии.

10 XI, 17 XI, 8 XII 1977. В. М. Головинин, А. А. Самарский, А. П. Фаворский (Москва). *Численное решение многомерных задач магнитной гидродинамики.*

Обсуждаются вопросы, связанные с построением и реализацией алгоритмов численного решения задач магнитной гидродинамики с учетом теплопроводности и диффузии магнитного поля. Рассмотрены следующие методы:

1) вариационный метод построения разностных схем в отсутствие диссипативных процессов, основанный на аппроксимации функционала действия. Получаемые схемы оказываются полностью консервативными и имеют один и тот же вид в произвольных криволинейных системах координат;

2) метод спектрального согласования в конструировании искусственных диссипаторов типа «псевдовязкости». Он позволяет однозначно определять вид диссипатора при наличии разнообразных физических процессов, а также дает возможность оценивать величины их коэффициентов. Последние оказываются зависящими от параметров рассматриваемых течений и от конфигурации расчетной сетки;

3) метод регуляризирующих отображений при аппроксимации интегродифференциальных операторов на криволинейных сетках. Он позволяет аппроксимировать дифференциальные операторы любого порядка на криволинейных сетках со вторым порядком точности.

Все рассмотренные методы применимы при произвольном числе пространственных переменных. Приводятся примеры расчетов.

1 XII 1977. Е. Л. Тарунин (Пермь). *Об использовании аппроксимационных формул для вихря скорости на твердой границе при решении задач динамики вязкой жидкости двухполюсовым методом.*

Работа посвящена выяснению влияния аппроксимационной формулы для вихря скорости ω_T на сходимость вычислительных процедур двухполюсового метода при решении как стационарных, так и нестационарных задач. Влияние аппроксимационных формул проявляется при любых значениях числа Рейнольдса; в работе подробно исследован вариант, соответствующий ползущему течению, когда нелинейными членами в уравнении Навье – Стокса можно пренебречь. Показано, что кроме аппроксимационных свойств каждая формула имеет важную характеристику, сигнализирующую о «рассогласовании» скоростей на твердой границе. Показано, что для опти-

мизации неявных схем необходимы внутренние итерации с использованием нижней релаксации для вихря скорости на границе. Построены и решены спектральные задачи, определяющие оптимальные значения параметров релаксации для различных аппроксимационных формул. Выявлены положительные свойства процедуры, предложенной В. Л. Грязновым, В. И. Полежаевым. Построено обобщение такой процедуры.

15 XII 1977. Ю. М. Давыдов (Москва). Численный эксперимент по исследованию сложных газодинамических течений методом «крупных частиц».

Излагается метод «крупных частиц», проводится анализ его разностных схем с помощью дифференциальных приближений. Описывается методика дробных ячеек для расчета обтекания тел произвольной формы. Предлагается схема численного эксперимента, основанного на использовании пакета прикладных программ «Модульная система решения задач газовой динамики методом «крупных частиц». Решаются плоские и осесимметричные задачи внешнего и внутреннего обтекания тел различной конфигурации в диапазоне скоростей набегающего потока от малых дозвуковых до сверхзвуковых. Рассматриваются задачи гидродинамической неустойчивости, течения со вдувом (сосредоточенным и распределенным), дифракция ударных волн, течения в стратифицированных средах, взаимодействие струй с преградами, следы за телами, течения с учетом эффектов диссоциации, ионизации и излучения, взаимодействие лазерного излучения с веществом и т. д.

29 XII 1977. И. С. Клейн (Москва). Естественная конвекция в вертикальном пористом слое.

1. С целью отработки эффективных методов расчета выполнено сопоставление разностных схем для уравнений естественной конвекции в пористой среде в переменных функции тока — температура и давление — температура.

2. На основе полных уравнений Дарси — Буссинеска численно исследованы структура и режимы течения, средняя и локальная теплопередача при естественной конвекции в вертикальном слое с проницаемой границей, а также в слое, сопряженном с теплопроводной пластиной конечной толщины.

3. В приближении пограничного слоя рассмотрен ряд задач естественной конвекции в пористой среде вблизи вертикальной пластины: сопряженный теплообмен с непроницаемой теплопроводной пластиной и неограниченным теплопроводным массивом; конвекция в неоднородной области; комбинированная естественная и вынужденная конвекция.

Дано сопоставление погранслойных решений с результатами расчетов полных уравнений.

УДК 531/534.061.3

СЕССИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО КОМИТЕТА ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКЕ

22–24 ноября 1977 г. в конференц-зале корпуса гуманитарных факультетов Московского государственного университета состоялась расширенная сессия Общего собрания Национального комитета СССР по теоретической и прикладной механике (председатель комитета — М. А. Лаврентьев, первый заместитель — Л. И. Седов, заместители председателя — А. Ю. Ишлинский, Л. Г. Лойцянский, Х. А. Рахматулин и Г. Г. Черный, ученый секретарь — Г. К. Михайлов).

На сессии, посвященной 60-летию Великой Октябрьской социалистической революции, были обсуждены общие перспективы развития механики деформируемого твердого тела, механики жидкости и газа, общей механики. Доклады и часть выступлений в дискуссиях были представлены научными советами по соответствующим проблемам.

Вопросам механики жидкости и газа была посвящена сессия, прошедшая 23 ноября под председательством Л. И. Седова.

С первым докладом «Перспективы развития механики жидкости и газа» выступил Г. Г. Черный.

В докладе отмечены основные тенденции развития и перечислены некоторые актуальные задачи механики жидкости и газа, которая проникает во все области естествознания и техники и приносит ощутимые результаты. Причины этого современного проникновения — возросшие возможности приложения, необходимость анализа все более сложных явлений и решения новых теоретических и практических задач. Рассматриваются все более сложные среды, поля и взаимодействия, расширяется диапазон изменения изучаемых параметров. Методы механики жидкости и газа широко применяются в физических исследованиях, например при создании газодинамических лазеров, при разработке некоторых методов управ-