

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора физико-математических наук, профессора

Кузнецова Михаила Михайловича

на диссертационную работу Березко Максима Эдуардовича

"Физико-математические модели пристеночных течений в расширенном кнудсеновском слое",
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.1.9 – "Механика жидкости газа и плазмы".

Диссертационная работа Березко Максима Эдуардовича посвящена разработке физико-математических моделей течений высокой поступательной (динамической) неравновесности. В качестве теоретической основы работы положены методы молекулярно-кинетической теории газов.

Актуальность темы исследования

Современные разработки в области аэрокосмической техники, а так же ряда других отраслей промышленности требуют развития вычислительных методов газовых течений, в которых энергия теплового движения молекул существенно неравномерно распределена между их степенями свободы. Развитие технологий параллельных вычислений позволяет достаточно эффективно решать системы дифференциальных уравнений высокого порядка. Эти два обстоятельства обуславливают актуальность и привлекательность разработки физико-математических моделей течений на базе систем моментных уравнений и модельных кинетических уравнений.

Содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, списка сокращений и условных обозначений, трёх глав, заключения и библиографического списка. Общий объём составляет 102 страницы, включая 33 рисунка. Библиографический список содержит 104 наименования.

Во введении автором обоснована актуальность темы и направления исследований, сформулированы основные цели и задачи работы, показаны научная новизна и ценность результатов, выносимых на защиту.

В первой главе рассматривается метод комбинирования гидродинамической и кинетической моделей, ориентированный на описание пристеночных течений в области расширенного кнудсеновского слоя. Разработан метод комбинирования моделей для многоатомных газов. Проведён анализ результатов при использовании в качестве гидродинамической модели систем моментных уравнений различных порядков.

Во второй главе проведен анализ различных граничных условий на твёрдой стенке для гидродинамической и кинетической моделей. В качестве тестовой задачи выбрано плоское течение Куэтта, а для величины сравнения – коэффициент трения, отнесенный к его теоретическому пределу в свободномолекулярном режиме течения. Выбор этой величины обуславливается её важностью для практических задач.

Для гидродинамической модели Навье-Стокса-Фурье выбирались граничные условия прилипания и скольжения пограничного слоя. Для кинетической модели – диффузный закон отражения молекул от твёрдой стенки.

В третьей главе исследуется гиперзвуковое обтекание бесконечно тонкой пластины, расположенной под нулевым углом атаки. Разработан метод решения модельного кинетического уравнения в окрестности абсолютно острой кромки, позволяющий учитывать

Отдел документационного
обеспечения МАИ

разрывы функции распределения в расширенном кнудсеновском слое. Разработанный метод ориентирован на описание течения в окрестности особой точки, разделяющей набегающий поток и первую точку поверхности пластины.

В заключении диссертации подводятся итоги исследования, обсуждаются перспективы и направления дальнейших разработок, приводятся рекомендации по практическому применению разработанных моделей течения.

Достоверность и новизна полученных результатов.

Достоверность полученных результатов подтверждена сравнением расчетных данных с данными теоретических и экспериментальных исследований разных авторов.

Разработанные автором диссертации физико-математическая модель течения в расширенном кнудсеновском слое позволяет описывать процессы взаимодействия газа с поверхностью на молекулярном уровне, в то время как для описания ядра течения проводится на гидродинамическом уровне. Метод решения кинетического уравнения в окрестности особой точки позволяет рассчитать разрывы макропараметров газа, возникающие в теоретическом пределе задачи об обтекании поверхности большой кривизны.

Научная и практическая значимость работы.

Определены основные свойства кинетико-гидродинамической модели применительно к пристеночным течениям. Получено численное решение задачи обтекания поверхности большой кривизны в ее теоретическом пределе. Результаты работы могут быть использованы при разработке компьютерных пакетов неравновесной газовой динамики.

Общая оценка диссертационной работы.

Область исследования диссертационной работы Березко Максима Эдуардовича соответствует следующим направлениям паспорта научной специальности 1.1.9 – "Механика жидкости, газа и плазмы":

- течения сжимаемых сред и ударные волны.
- динамика разреженных газов и молекулярная газодинамика.
- аэродинамика и теплообмен летательных аппаратов.
- тепломассоперенос в газах и жидкостях.
- аналитические, асимптотические и численные методы исследования уравнений кинетических и континуальных моделей однородных и многофазных сред (конечно-разностные, спектральные, методы конечного объема, методы прямого моделирования и др.).

Диссертационная работа выполнена на актуальную тему. Материал диссертации изложен логично и аргументировано. Автореферат диссертационной работы и публикации автора полностью отражают содержание диссертации и соответствуют требованиям ВАК. Результаты работы с достаточной полнотой опубликованы. Существенным преимуществом диссертационной работы является прикладной характер разработанных физико-математических моделей. Результаты, полученные в ходе диссертационной работы, представляют практическую ценность.

Замечания по диссертационной работе:

1. *Графики распределения температуры в канале следует дополнить увеличенным изображением области сшивания гидродинамической и кинетической моделей. Гладкая кривая в этой области в значительной степени характеризует результаты работы.*

2. *На рис. 12 точка сшивания моделей не показана, хотя и упоминается в пояснении к рисунку.*

