

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора физико-математических наук, профессора

Кузнецова Михаила Михайловича

на диссертационную работу Никитченко Юрия Алексеевича

"Системы моментных уравнений и следующие из них модели неравновесных течений",
представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по
специальности 01.02.05 – "Механика жидкости газа и плазмы"

Диссертационная работа Никитченко Юрия Алексеевича посвящена разработке физико-математических моделей течений высокой поступательной (динамической) неравновесности. В качестве теоретической основы работы положены моментные 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.

Содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, семи разделов, заключения, списка сокращений и списка использованных источников (106 источников). Объем составляет 252 страницы, 51 рисунок.

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 первом разделе разработан метод построения системы моментных уравнений для функции распределения общего вида. На основе этого метода построена система моментных уравнений третьего порядка для многоатомных однокомпонентных газов (24-моментная система). Предложен критерий оценки степени неравновесности течения.

Во втором разделе показано, что коротковолновая неустойчивость системы моментных уравнений связана с рассогласованием локального и балансового выражений замыкающих моментов. Разработаны методы снижения коротковолновой неустойчивости систем моментных уравнений, позволяющие расширить область применимости указанных систем до гиперзвуковой области.

В третьем разделе получены первое и второе приближения системы моментных уравнений третьего порядка. Коэффициент объемной вязкости получен из системы уравнений третьего порядка в ее первом приближении. Показано, что первое приближение температур поступательных и внутренних степеней свободы следует из системы моментных уравнений третьего порядка.

В четвертом разделе разработана феноменологическая модель граничных условий на твердой поверхности, позволяющая определять скольжение скорости и скачок температуры в широком интервале чисел Маха.

В пятом разделе построены инженерные модели неравновесных течений. Анализируются недостатки моделей первого приближения в отношении описания течений высокой степени поступательной (динамической) неравновесности.

В шестом разделе представлены результаты тестовых расчетов вырожденных течений. Рассмотрены различные модели граничных условий на твердой поверхности и разработанные в диссертационной работе модели течений.

В седьмом разделе рассмотрено гиперзвуковое обтекание тонкой пластины установленной под нулевым углом атаки. Расчеты проведены с использованием модели Навье-Стокса-Фурье и инженерных моделей. Показаны преимущества инженерных моделей.

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 экспериментальных исследований разных авторов.

Предложенный автором диссертации метод построения системы моментных уравнений для функции распределения общего вида, так же как и разработанные модели неравновесных течений не имеют аналогов. Метод снижения коротковолновой неустойчивости моментных систем в своей основе содержит известную методику, применяемую для регуляризации модели R13. Вместе с тем, разработанный метод содержит ряд принципиальных отличий от метода регуляризации.

Научная новизна методов, моделей и положений, выносимых на защиту не вызывает сомнений.

Научная и практическая значимость работы.

Метод построения системы моментных уравнений в совокупности с методами снижения ее коротковолновой неустойчивости позволяют разрабатывать физико-

математические модели с моментами более высокого порядка, что позволит расширить область применения этих моделей как по числам Маха, так и по числам Кнудсена.

Инженерные модели и модель граничных условий на твердой поверхности могут быть использованы при разработке пакетов прикладных программ для расчетов неравновесных течений.

Общая оценка диссертационной работы.

Область исследования диссертационной работы Никитченко Юрия Алексеевича соответствует следующим направлениям паспорта научной специальности 01.02.05 – "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. В уравнении (1.21) и в выражении, содержащемся во втором снизу абзаце с.31 пропущен подстрочный символ "сигма".
2. На рисунке 6.8 с целью сравнения с результатами диссертанта целесообразно привести кривые зависимости обратной ширины ударной волны от числа Маха, полученные из решения известной модели регуляризованных моментных уравнений R13.
3. В п.3 метода построения системы моментных уравнений N-го порядка (с.59) сказано: "время релаксации моментов порядка $3N >$ принимаются в качестве свободных параметров модели". Повышение порядка системы на единицу приводит к появлению двух тензорных уравнений и, следовательно, к появлению двух свободных параметров. При решении перспективной задачи "о необходимом порядке системы моментных

уравнений для описания течений при $Kn \geq 1$ потребуется рассмотрение систем достаточно высоких порядков, что приведет к численному исследованию многопараметрической задачи. В диссертации не сказано, какими методами может быть решена эта многопараметрическая задача.

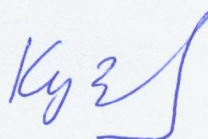
Данные замечания не снижают общей положительной оценки работы и носят рекомендательный характер.

Заключение

Диссертационная работа Никитченко Юрия Алексеевича "Системы моментных уравнений и следующие из них модели неравновесных течений" представляет собой законченное научное исследование, посвященное решению актуальной задачи, характеризующееся научной новизной и практической ценностью. Диссертационная работа выполнена с использованием современных методов аналитического и численного исследования, написана квалифицированно и аккуратно оформлена.

Диссертационная работа соответствует требованиям ВАК РФ, а ее автор, Никитченко Юрий Алексеевич, заслуживает присвоения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 - "Механика жидкости, газа и плазмы"

Официальный оппонент,
профессор кафедры теоретической физики,
доктор физико-математических наук, профессор



М.М.Кузнецов

Московский государственный областной университет,

105005, г. Москва, ул. Радио, д. 10А

Телефон 8 906 037-30-99

Адрес электронной почты: kaf-tfiz@mgou.ru

Организация – место работы: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный областной Университет, кафедра теоретической физики

web-сайт организации: mgou.ru

Должность: профессор

Подпись проф. Кузнецова М. М. и сведения заверяю.
Проректор по научной работе,
Доктор юридических наук, доктор педагогических наук



Е.А. Певцова