

Отзыв

председателя диссертационного совета на диссертацию Гориховского Вячеслава Игоревича на тему «Эффективные вычислительные подходы к моделированию кинетики углекислого газа», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.1.9 — Механика жидкости, газа и плазмы.

Неравновесные процессы в углекислом газе присутствуют в различных технических устройствах: в лазерной технике, в аппаратах разложения углекислого газа на составляющие. Неравновесные процессы в углекислом газе происходят при входе космических аппаратов в атмосферу планет, в которых углекислый газ имеет большое содержание. Численное моделирование неравновесных процессов в углекислом газе, опирающееся на кинетическую теорию, требует громадных вычислительных ресурсов. Разработка эффективных методов расчета, сокращающих требуемые ресурсы, является актуальной проблемой, решаемой в диссертации В.И. Гориховского.

Достоверность результатов обуславливается использованием строго обоснованной кинетической теории газов, тщательной оценкой погрешности, которую вносят в расчеты аппроксимационные формулы и нейросетевой подход, экономящие вычислительные ресурсы. Достоверность подтверждается совпадением результатов автора с результатами других авторов.

Новизна и научная ценность заключаются в построении эффективных математических моделей углекислого газа, включающих регрессию и нейросетевой подход. Исследованы возможности параллельных вычислений.

Практическое значение диссертации состоит в существенном увеличении производительности вычислений. Разработаны рекомендации по распараллеливанию вычислений. Разработана программа численного моделирования неравновесных течений углекислого газа, в котором реализованы параллельные алгоритмы и нейросетевой подход.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка цитируемой литературы, текст изложен на русском и английском языках на 199 страницах. Список цитируемой литературы содержит 122 наименования.

Во введении излагаются цели диссертации, обосновывается актуальность темы, достоверность результатов, научная новизна, практическая ценность, формулируются основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены модели различной сложности для описания неравновесных течений углекислого газа. Предложен регрессионный метод для получения аппроксимаций коэффициентов скорости переходов. Рассматриваются параллельные схемы вычисления релаксационных членов в уравнениях колебательной кинетики.

Вторая глава посвящена оптимизации методов моделирования пространственно-однородного углекислого газа в полном поуровневом приближении и гибридном многотемпературном приближении. Рассматриваются численные методы решения систем дифференциальных уравнений, основанные на расширенном методе Гира. Исследуется применимость, точность и эффективность оптимизации численных методов, основанных на нейросетевом подходе.

В третьей главе решается задача о течении углекислого газа за плоской ударной волной с использованием поуровневом, гибридном многотемпературном и многотемпературном приближениях. Последний основан на нейросетевом расчете скоростей колебательной релаксации. Оценивается точность и эффективность различных подходов. В заключении перечислены основные результаты работы.

В приложении приведен список статей, опубликованных по теме диссертации и описан личный вклад автора диссертации в эти публикации.

Структура работы хорошо продумана, диссертация изложена понятным языком. Текст дополняют графики и таблицы, содержащие оценку времени расчета.

Замечания по работе:

1. Диссертация содержит большое количество аббревиатур. Приходится искать в предшествующем тексте расшифровку. Читателю мог бы помочь список условных обозначений, которого нет, с включением туда всех используемых аббревиатур.

2. Есть противоречия при описании рисунков 1.2 – 1.7. Подписи к рисункам утверждают, что на графиках «относительная ошибка аппроксимации коэффициента скорости переходов». А в тексте написано: «На рис. 1.2-1.7 приведено сравнение просуммированных по всем энергетическим уровням среднеквадратичных отклонений значений коэффициентов, полученных с помощью формул SSH-теории и аппроксимированных по (1.58) ...». Не проясняют ситуацию подписи на осях ординат.

3. Есть некоторые опечатки. Например, из-за опечатки на странице 33 преобразованием формулы (1.58) нельзя получить формулу (1.59).

Однако, замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Основные результаты диссертации опубликованы в 9 работах, в числе которых 2 статьи из перечня, утвержденного Минобрнауки РФ, 3 публикации (включая перевод статей из перечня Минобрнауки) вышли в изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science Core Collection или Scopus, 6 публикации в сборниках материалов конференций, индексируемых в РИНЦ. Результаты диссертации докладывались на 7 международных и всероссийских конференциях.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой рассмотренные вопросы и задачи связаны и образуют единое целое. В ней получены результаты, представляющие теоретический и прикладной интерес.

Диссертация Гориховского Вячеслава Игоревича на тему: «Эффективные вычислительные подходы к моделированию кинетики углекислого газа» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Гориховский Вячеслав Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не установлены.

Председатель диссертационного совета

доктор физ.-мат. наук, с.н.с.,

профессор кафедры гидроаэромеханики СПбГУ



Рябинин А.Н.

03.12.2022