

## **ОТЗЫВ**

**члена 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**

Актуальность работы не вызывает сомнения в связи с необходимостью детального описания внутримолекулярных процессов газов, входящих в качестве основного компонента в состав атмосфер планет Солнечной системы или используемых во многих технологических процессах на Земле.

Рассматриваемая работа посвящена оптимизации вычислительных технологий, используемых для расчета характеристик внутримолекулярного энергообмена такого сложного образования как молекула углекислого газа. При этом использован факт большого отличия характерных времён процессов релаксации колебательных степеней свободы от вращательных, что позволяет использовать последние для получения начальных условий (например в случае прямого скачка уплотнения).

Диссертант проявил достаточно высокую осведомленность о мировом состоянии исследуемой проблемы, проанализировав многочисленные методы и решения, такие как метод опорных векторов SVM, k-ближайших соседей k-NN, случайного леса RF, многослойных сетей перцепторов MLP, ... В результате предпочтительным признано использование структуры данных, включающей схему параллельных по реакциям вычислений и разработаны инструменты численного моделирования в полном поуровневом приближении.

Разработанные теоретико-вычислительные алгоритмы использованы для оптимального моделирования как пространственно-однородной релаксации углекислого газа (в частности, в гибридном многотемпературном приближении), так и численного моделирования за ударными волнами.

Достоверность результатов обеспечена их хорошим согласием с данными других авторов и высокой точностью расчета скорости релаксации в различных модах с использованием нейронных сетей.

Диссертанту удалось найти компромисс между точностью вычислений и вычислительной эффективностью, успешно преодолев трудности, связанные с жесткостью системы уравнений, препятствующей расширению области устойчивости. В частности, исследовано влияние колебательной релаксации за фронтом скачка уплотнения на макропараметры потока, получена оценка длины релаксационной зоны в зависимости от газодинамических параметров перед скачком.

Практическая значимость рецензируемой работы подтверждена её поддержкой грантами РФФИ, РНФ и Санкт-Петербургского государственного университета.



Замечания:

1. В главе 1 автор использует нелинейную регрессию для аппроксимации коэффициентов скорости переходов энергии. Следует указать, какой алгоритм оптимизации был выбран для решения задачи регрессии и чем обусловлен этот выбор.

2. Для обращения матриц возможно использование метода, основанного на разложении Холецкого, являющегося более эффективным, чем метод подматриц.

3. В третьей главе проводится моделирование кинетики для условий, соответствующих условиям за скачком уплотнения, для тлеющего разряда, и капиллярным разрядам в лазерных смесях. Чем обусловлен такой выбор условий и какие ещё условия важно рассмотреть?

Отмеченные замечания не изменяют общей положительной оценки диссертации.

Диссертант принадлежит к известной научной школе СПбГУ.

Таким образом, рассматриваемая диссертация является научно-квалификационной работой, содержащей решения научной проблемы, имеющей важное значение для разработки эффективных теоретико-вычислительных алгоритмов кинетики неравновесных внутримолекулярных процессов; она обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о значительном личном вкладе автора в науку.

Автореферат адекватно отражает содержание диссертации.

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.

Член диссертационного Совета  
главный научный сотрудник  
Федерального автономного учреждения «Центральный  
аэрогидродинамический институт имени профессора  
Н.Е. Жуковского» (ФАУ «ЦАГИ»)  
доктор технических наук, профессор

Альберт Леонидович Стасенко  
+7(906) 707-30-83

Подпись Альберта Леонидовича Стасенко удостоверяю:  
Ученый секретарь диссертационного Совета  
Федерального автономного учреждения «Центральный  
аэрогидродинамический институт имени профессора  
Н.Е. Жуковского» (ФАУ «ЦАГИ»)  
доктор физико-математических наук, профессор



Мурад Абрамович Брутян

Адрес ФАУ «ЦАГИ»: 140180 Россия г. Жуковский, Московская область ул. Жуковского, 1