

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Кадочникова Ильи Николаевича «Исследование термически неравновесных физико-химических процессов в азотной и воздушной плазме с использованием детальных уровневых и модовых кинетических моделей», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы»

Исследования неравновесных течений реагирующих газов и плазмы важны для многих современных приложений: при расчете входа космических аппаратов в атмосферы планет, в плазменных и химических технологиях, при решении задач экологии. При этом большинство инженерных моделей разработано для ситуаций, когда отклонения от термического равновесия достаточно малы. Создание надежных, достоверных и вычислительно эффективных моделей, описывающих течения реального газа при сильных отклонениях от равновесия, является актуальной задачей физико-химической гидродинамики.

Диссертационная работа И.Н. Кадочникова посвящена построению детальных уровневых кинетических моделей неравновесных течений с учетом обменов колебательной и электронной энергией при столкновении молекул, возбуждения внутренней энергии при электронном ударе, плазмохимических реакций. Рассмотрена плазма азота и воздуха. Разработанные модели применены для численного исследования течений за ударными волнами и в расширяющихся сверхзвуковых течениях. Проведена валидация моделей путем сопоставления с доступными экспериментальными данными, получено хорошее согласие с экспериментом. Проанализированы пределы применимости упрощенных модовых моделей. Показано, что можно существенно улучшить точность модовых приближений, если при расчете неравновесного фактора использовать уровневые коэффициенты скорости физико-химических процессов. Данный вывод важен для инженерных приложений, поскольку позволяет использовать экономичные модовые модели при расчете высокотемпературных течений без существенной потери точности.

Разработана уровневая модель течения смеси N_2 -IF-He. Обсуждается возможность создания инверсной заселённости на электронно-колебательных энергетических уровнях молекулы IF в расширяющемся сверхзвуковом потоке смеси N_2 -IF-He. Данные результаты важны в современных лазерных технологиях.

Указанные результаты являются новыми, их достоверность не вызывает сомнений. Автореферат написан ясным языком, структура диссертации хорошо продумана.

Основные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых изданиях высокого уровня и апробированы на конференциях.

По автореферату можно сделать следующие замечания:

1. Из текста автореферата не вполне ясно, как на основании уровневой модели рассчитывается время колебательной релаксации (Рис. 1). Если это время выхода на термическое равновесие, полученное при моделировании кинетики за фронтом ударной волны, то как при этом учитывается влияние других кинетических процессов на VT-релаксацию? Или время VT-релаксации вычисляется по константе перехода $1 \rightarrow 0$?

2. На основании анализа Рис. 2 делается вывод о необходимости учета плазмохимических реакций при скорости ударной волны, превышающей 6 км/с. Было бы полезно показать на графике погрешность эксперимента. Возможно, обе кривые (с учетом и без учета плазмохимических реакций) находятся в пределах ошибки эксперимента.

3. Не совсем удачна формулировка на стр. 11: «Таким образом, сделан вывод о том, что при уточнении модели для расчета фактора неравновесности для описания параметров азотной плазмы за фронтом сильной ударной волны достаточно использовать модовое приближение». Видимо, автор имеет в виду, что в модовом приближении фактор неравновесности должен рассчитываться с учетом уровневых констант процессов?

Данные замечания не снижают высокой оценки работы в целом.

Судя по содержанию автореферата, диссертация является законченным научным исследованием, выполненным на высоком уровне. Задачи, решенные в работе, актуальны с теоретической точки зрения и имеют практическую ценность. Считаю, что работа Кадочникова Ильи Николаевича отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 - механика жидкости, газа и плазмы, а сам автор заслуживает присуждения ему искомой степени.

Кустова Елена Владимировна,
профессор кафедры гидроаэромеханики
Санкт-Петербургского государственного
университета,
доктор физико-математических наук,
профессор

Кустова Елена Владимировна

198504, Санкт-Петербург
Университетский пр., д. 28
(812) 428 49 11
e.kustova@spbu.ru

Текст документа размещен
в открытом доступе
на сайте СПбГУ по адресу
www.spbu.ru/science/expert.html

ЛИЧНО
НАЧАЛЬНИК
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО
ЦЕНТРА
И. И. МАНУИЛОВ
7.01.2019



ДОКУМЕНТ
ПОДГОТОВЛЕН
ПО ЛИЧНОЙ
ИНИЦИАТИВЕ