



Государственный научный центр Российской Федерации
Федеральное автономное учреждение

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени профессора Н.Е. Жуковского
ФАУ «ЦАГИ»**

Жуковского ул., д. 1, г. Жуковский, Московская область, 140180
тел.: +7 495 556-4303, факс: +7 495 777-6332, www.tsagi.ru
ОГРН 1225000018803, ИНН 5040177331, КПП 504001001, ОКПО 50205960

26.11.2025, № 40/2-10-11365

На № _____ от _____

Проректору по научной работе
ФГБОУ ВО «Московского
авиационного института
(национального исследовательского
университета)»
д.т.н, доценту А.В. Иванову

125310, г. Москва, ГСП-3, А-80,
Волоколамское шоссе, д.4

Уважаемый Андрей Владимирович!

Направляю Вам отзыв ведущей организации на диссертационную работу
Сергеевой Натальи Ивановны на тему «Разработка физико-математических
моделей для описания высоконеравновесных течений газовых смесей»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических
наук по научной специальности 1.1.9. «Механика жидкости, газа и плазмы».

С уважением

ученый секретарь диссертационного Совета

ФАУ «ЦАГИ»,

д.ф.-м.н., профессор

М.А. Брутян

012395
Исполнитель: Литинская А.Ю.
Тел.: +7 (495) 556 - 11 - 16

Вх. №	01-10943
« 27 »	11 2025 г.
Кол-во листов док-та	_____
Приложения	_____

УТВЕРЖДАЮ
Первый заместитель Генерального
Директора ФАУ «Центральный
аэрогидродинамический институт имени
профессора Н.Е. Жуковского»,
д.ф.-м.н., профессор РАН
Метведский Александр Леонидович



2025 г

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Сергеевой Натальи Ивановны

"Разработка физико-математических моделей для описания

высоконеравновесных течений газовых смесей",

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости газа и плазмы

Актуальность темы исследования

Необходимость создания и улучшения методов расчёта течений газовых смесей обусловлена их высокой значимостью для решения ряда прикладных задач. Также весьма актуальны исследования высоконеравновесных течений. Использование уравнений сплошной среды для таких течений часто приводит к существенным погрешностям расчета. Для исследования высоконеравновесных течений весьма разумно использовать модельные кинетические уравнения. Их принципиальное достоинство заключается в возможности описания процессов за пределами применимости классической гидродинамики, а именно в переходном и свободномолекулярном режимах.

Таким образом, работа исследует явления, недоступные для моделей сплошной среды. С точки зрения вычислений, этот подход выгодно отличается от прямого

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«27» 11 2025 г.

статистического моделирования, которое требует огромных ресурсов для снижения статистических погрешностей, особенно в медленных течениях.

Научная новизна

В представленной работе разработаны физико-математические модели для описания течений смесей газов:

- на основе модельного кинетического уравнения;
- на основе системы моментных уравнений;
- комбинированная модель.

Также выявлены особенности течений смесей газов в ударных волнах при различных парциальных концентрациях компонентов и особенности течений смесей газов в плоских каналах.

Теоретическая и практическая значимость исследований

Разработанные соискателем физико-математические модели для описания течений смесей газов позволяют изучать поведение компонентов смеси при обтекании поверхностей, активных по отношению к компонентам газа.

Достоверность результатов

Достоверность представленных результатов подтверждена сравнением расчетных данных, полученных в диссертационной работе с данными экспериментальных и расчетных исследований других авторов.

Объем и структура диссертации:

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников (всего 93 источника) и списка сокращений. Объем составляет 105 страниц, 47 рисунков.

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

В первой главе приводится физико-математическая модель для описания течений смесей одномолекулярных и многоатомных газов на основе модельного кинетического уравнения. Полученная модель протестирована на примере течения в

плоской ударной волне для смесей с различным составом. Сравнение полученных данных с экспериментальными и расчетными данными других авторов показывает удовлетворительную сходимость.

Во второй главе приведена физико-математическая модель для описания течений смесей газов на основе системы моментных уравнений. Данная модель получена на основе модельного кинетического уравнения первой главы диссертационной работы. Полученная модель протестирована для плоской ударной волны.

В третьей главе представлены результаты серии численных экспериментов, описывающих структуру плоских ударных волн в бинарной газовой смеси. Анализ данных демонстрирует, что форма ударных волн для каждого компонента в значительной степени определяется их парциальными концентрациями.

В четвертой главе приведена комбинированная физико-математическая модель для описания течений смесей газов. Рассмотрена задача в плоском канале с поглощающими стенками. Показано, что разработанная модель позволяет адекватно выставлять граничные условия на активных поверхностях, не требуя больших объемов памяти и количества вычислительных операций. Расчетная область при этом разбивается на слой Кнудсена и основную область течения.

В заключении приводятся основные результаты исследований, обсуждаются перспективы и перспективы направлений дальнейших разработок и выводы диссертационной работы.

Общая оценка диссертационной работы

Диссертационная работа Сергеевой Натальи Ивановны 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;
- тепломассоперенос в газах и жидкостях;

- аналитические, асимптотические и численные методы исследования уравнений континуальных и кинетических моделей однородных и многофазных сред.

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 РФ. Результаты работы с достаточной полнотой опубликованы. Результаты, полученные в ходе диссертационной работы, представляют практическую ценность.

Замечания по диссертационной работе:

1. На стр. 6 диссертационной работы слово “отличающийся” следует заменить на “отличаются”.
2. Во Введении присутствует утверждение о том, что течения могут быть основаны на МКУ, что неверно.
3. В Главе 1 диссертационной работы детально описана противопоточная схема 3 порядка аппроксимации по пространству и первого по времени. Дано полное описание метода решения СЛАУ, полученной в итоге. В Главе 2, посвященной построению СМУ, метод, примененный для решения задачи о профиле УВ в гидродинамическом приближении описан недостаточно подробно. Это же замечание можно отнести к Главе 3 и Главе 4.

Заключение

Диссертационная работа Сергеевой Натальи Ивановны "Разработка физико-математических моделей для описания высоконеравновесных течений газовых смесей" представляет собой законченное научное исследование, посвященное решению актуальной задачи, имеющей значение в области динамики разреженных газов и молекулярной газодинамике, характеризующееся научной новизной и практической значимостью. Диссертационная работа выполнена с использованием современных методов численного эксперимента. Основные этапы, результаты, методы и положения, выносимые на защиту, представлены ясно и убедительно.

Отмеченные недостатки не снижают общей положительной ценности работы. Диссертационная работа соответствует требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (утв. Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, ред. от 25.01.2024), а ее автор, Сергеева Наталья Ивановна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

Отзыв подготовил: д.ф.-м.н., доцент, ведущий научный сотрудник Горелов С.Л. Доклад по теме диссертации заслушан на заседание научно-технического совета НИО-2 ФАУ ЦАГИ «25» ноября 2025 г. Заключение было поддержано всеми участниками, задействованными в обсуждении. Протокол заседания № 251102 от 25.11.2025

Заместитель начальника центра аэрогидродинамики –
начальник НИО-2,

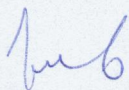
д.ф.-м.н., доцент



Волков Андрей Викторович

Ведущий научный сотрудник

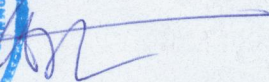
д.ф.-м.н., доцент

25.11.25 

Горелов Сергей Львович

Подписи Волкова Андрея Викторовича и Горелова Сергея Львовича заверяю,
ученый секретарь диссертационного Совета
ФАУ «ЦАГИ»,

д.ф.-м.н., профессор



Брутян Мурад Абрамович

Федеральное автономное учреждение «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФАУ «ЦАГИ»)

Почтовый адрес: 140180, Россия, г. Жуковский, Московская область,
ул. Жуковского, 1. Телефон: 8 (495) 556-41-70, факс: 8 (495) 777-63-32

Эл. почта автора отзыва: e-mail: gorelovsl@yandex.ru

С отзывом ознакомлена 27.11.2025 г. Сергеева Н.И. 