

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.08

Соискатель: Сергеева Наталья Ивановна

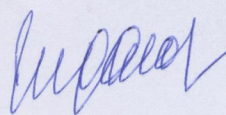
Тема диссертации: «Разработка физико-математических моделей для описания высоконеравновесных течений газовых смесей»

Специальность: 1.1.9. — Механика жидкости, газа и плазмы

Решение диссертационного совета по результатам защиты: на заседании 19 декабря 2025 года, протокол №12, диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация полностью удовлетворяет пунктам 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года, и принял решение присудить Сергеевой Натальи Ивановне ученую степень кандидата физико-математических наук.

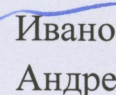
Присутствовали: Красильников П.С. – *председатель*, Гидаспов В.Ю. – *ученый секретарь*, а также члены диссертационного совета: Холостова О.В., Бардин Б.С., Бишаев А.М., Буров А.А., Колесник С.А., Маркеев А.П., Овчинников М.Ю., Ревизников Д.Л., Формалев В.Ф., Черепанов В.В., Шамолин М.В.

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.2.327.08,
доктор физико-математических наук



Гидаспов
Владимир Юрьевич

Проректор по научной работе,
доктор технических наук



Иванов
Андрей Владимирович

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.08
СОДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 19.12.25 № 12

О присуждении Сергеевой Наталье Ивановне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация *«Разработка физико-математических моделей для описания высоконеравновесных течений газовых смесей»* по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы, принята к защите 16.10.2025 г. (протокол заседания № 8), диссертационным советом 24.2.327.08, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д. 4, приказ Минобрнауки России о создании совета №1192/НК от 12.10.2022 г.

Соискатель Сергеева Наталья Ивановна, 29 апреля 1996 года рождения до сентября 2025 работала в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» на кафедре 106 «Аэродинамика, динамика и управление летательных аппаратов» в должности ассистента, старшего преподавателя.

В 2018 г. соискатель Сергеева Н.И. окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по направлению «Баллистика и гидроаэродинамика», профиль – «Гидроаэродинамика», с присвоением квалификации бакалавр (диплом 117718 1058789 от 06 июля 2018). В 2020 г. окончила федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по направлению «Баллистика и гидроаэродинамика», программа – «Аэродинамика летательных аппаратов», с присвоением квалификации магистр (диплом 107718 1177926 от 09 июля 2020 года). В 2025 г. окончила аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки авиационная и ракетно-космическая техника с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь.» (диплом 107718 1413854 выдан 07 июля 2025).

Диссертация выполнена на кафедре «Аэродинамика, динамика и управление летательных аппаратов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель – Попов Сергей Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Аэродинамика, динамика и управление летательных аппаратов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

Кузнецов Михаил Михайлович, доктор физико-математических наук, доцент, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры фундаментальной физики и нанотехнологии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Государственный университет просвещения», г. Москва,

Кусов Андрей Леонидович, кандидат физико-математических наук, начальник лаборатории акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения», г. Королев.

Все оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, Федеральное автономное учреждение «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского», ФАУ «ЦАГИ» (140180, Россия, г. Жуковский, Московская область, ул. Жуковского, 1) в своем положительном отзыве, подписанном Волковым Андреем Викторовичем, заместителем начальника центра аэрогидродинамики - начальником НИО-2, д.ф.-м.н., доцентом, и

Гореловым Сергеем Львовичем, доктором физико-математических наук, ведущим научным сотрудником, указала что 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 специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

Замечания ведущей организации по диссертации:

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 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 гидродинамическом приближении описан недостаточно подробно. Это же замечание можно отнести к Главе 3 и Главе 4.

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 6 работ. Из них 4 рецензируемых работы входят в перечень ВАК РФ, 2 работы входят в Web of Science.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Никитченко Ю.А., Попов С.А., Сергеева Н.И. Система модельных кинетических уравнений для многокомпонентного газа // ТВТ. – 2023. – Т. 61. – Вып. 5. – С. 736–743.

В данной работе получена физико-математическая модель, построенная на основе модельное модельного кинетического уравнения, для описания течений смесей одноатомных газов. Подробно рассмотрена задача о

структуре ударной волны в смеси Аргон-Гелий. Проведено сравнение с экспериментальными данными других авторов. Показано, что данные, полученные с использованием разработанной модели, согласуются с имеющимися экспериментальными данными. Личный вклад автора заключается в разработке физико-математической модели для описания течений смесей газов.

2. Никитченко Ю.А., Сергеева Н.И. Модельное кинетическое уравнение для смеси одно- и многоатомных газов // Вестник Государственного университета просвещения. Серия: Физика-Математика. – 2024. – № 1. – С. 56–67. – DOI: 10.18384/2949-5067-2024-1-56-67.

В данной работе получено модельное кинетическое уравнение для смесей многоатомных газов. Проведено сравнение результатов, полученных с помощью полученной модели с решениями других авторов, полученными методами прямого статистического моделирования. Личный вклад автора заключается в расчете структуры ударных волн для многоатомных газов.

3. Никитченко Ю.А., Сергеева Н.И. Особенности формирования ударных волн в газовой смеси в зависимости от концентрации ее компонентов // ТВТ. – 2024. – Т. 62. – Вып. 5. – С. 704–712.

В данной работе на основе полученного ранее модельного кинетического уравнения была выведена система моментных уравнений. Данная система уравнений применима при рассмотрении течений плотных газов. Для замыкания системы моментных уравнений были определены поступательная и вращательная температуры, а также напряжения и тепловой поток. Эти величины определены в первом приближении процедуры Чепмена-Энскога. Проведено сравнение результатов, полученных с помощью системы моментных уравнений с результатами, полученными с помощью модельного кинетического уравнения. Результаты показывают удовлетворительное соответствие результатов, полученных с помощью двух моделей течения газа при расчете смеси газов. При сравнении решений, полученных для чистого газа, наблюдается значительное расхождение профилей ударной волны. Это связано с приближенным определением вязких членов в моментных уравнениях. Личный вклад автора заключается в выводе системы моментных уравнений для смесей газов.

4. Никитченко Ю.А., Сергеева Н.И. Построение модели течения многокомпонентного газа в плоском канале с поглощающими стенками // Труды МАИ. – 2025. – № 143. – URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=185642>

В данной работе рассматривается задача о течении смеси газов в канале с поглощающими стенками. Рассматривается смесь двух газов, один

из которых конденсируется на поверхности канала. Расчетная область канала разбита на две подобласти: в пристеночной, кинетической области решается модельное кинетическое уравнение многоатомных газов, в остальной, гидродинамической области – система уравнений двух температурной модели. Проведенные расчеты показали, что примерно на пятистах длинах свободного пробега молекулы происходит почти полная конденсация компонента. На участке интенсивной конденсации скорость обоих компонентов уменьшается (эффект диффузора), затем возрастает. Личный вклад автора заключается в расчете параметров течения в канале.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы (все отзывы положительные).

Отзыв на диссертацию от официального оппонента Кузнецова Михаила Михайловича, доктора физико-математических наук, доцента, профессор кафедры фундаментальной физики и нанотехнологии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Государственный университет просвещения», заверенный заместителем отдела кадров Строиловой Н.С., содержит следующие замечания:

1. В автореферате на стр. 4 и в диссертации на стр. 6 есть следующее утверждение: “Следует отметить, что большинство течений, основанных на МКУ, записаны для одноатомных и многоатомных, но однокомпонентных газов.” Это утверждение некорректно.
2. В работе метод решения моментных уравнений раскрыт недостаточно полно. В частности неясно использовались ли противопоточные разностные схемы и какой у них был порядок аппроксимации?
3. Метод прогонки, применяемый автором для численного решения сеточных уравнений зависит от направления счета. В работе не представлены исследования по этому вопросу, как и исследования по сеточной сходимости результатов.
4. Концентрация компонент и парциальная концентрация обозначены одной буквой n , что вводит в заблуждение.

Отзыв на диссертацию от официального оппонента Кусова Андрея Леонидовича, кандидата физико-математических наук, начальника лаборатории акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения», заверенный главным ученым секретарем акционерного общества «Центральный научно-

исследовательский институт машиностроения» Ключниковым В.Ю, содержит следующие замечания:

1. Формула (1.3) выражения диаметра столкновения частиц разных сортов через диаметры столкновений молекул одного сорта является оценочной, а автор фактически использует эту формулу как точную.
2. Подбор диаметров столкновений по вязкости, может дать ошибки при определении бинарных коэффициентов диффузии, т.к. число Шмидта может оказаться отличающимся в разы, лучше было бы использовать работы, в которых определялись сечения столкновения для земной и марсианской атмосфер:
 - Wright M.J., Bose D., Palmer G.E., Levin E. Recommended Collision Integrals for Transport Property Computations, Part 1: Air Species // AIAA Journal, vol. 43, No. 12, 2005, pp. 2558-2564.
 - Wright M.J., Hwang H.H, Schwenke D.W. Recommended Collision Integrals for Transport Property Computations Part 2: Mars and Venus Entries // AIAA Journal, vol. 45, No. 1, 2007, pp. 281-288.
3. Не описано как автор обошёл условие инвариантности одномерной ударной волны к сдвигу по координате (трансляции) и необходимость стабилизировать ударную волну в расчётной области, не было ли эффекта размазывания ударной волны за счёт её перемещения внутри расчётной области.
4. Нет чёткого обозначения какого порядка схема использовалась для численного решения полученного модельного кинетического уравнения, если схема первого порядка, есть ли уверенность у автора что численные вязкость и диффузия не превышают физические вязкость и диффузию.
5. Показатель адиабаты для многоатомных молекул существенно зависит от температуры газа, в параграфах 2.2 и 3.5 он не указан, также не ясно как моделируется возбуждение колебательных степеней свободы молекул.
6. В расчётах структуры ударной волны в смеси газов не учтена термодиффузия.

На автореферат диссертации поступило 5 отзывов. Все поступившие отзывы положительные. В поступивших отзывах отмечается актуальность диссертационного исследования, проводится краткий анализ содержания работы, отмечается ее новизна, достоверность полученных результатов, их практическая и теоретическая значимость.

Отзыв на автореферат диссертации федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Московский физико-технический институт (государственный университет)», составленный Жаровым Владимиром Алексеевичем, доктором физико-математических наук, доктором технических наук, профессором МФТИ и заверенный специалистом ПИШТ ФАЛТ МФТИ Загиевой Тамарой Руслановной, содержит следующие замечания:

1. В автореферате отсутствуют сведения по исследованию сеточной сходимости,
2. В работе приведено немного сравнений результатов, полученных с помощью разрабатываемой модели, с экспериментальными данными,
3. В работе имеются результаты, полученные для числа Маха = 5, однако при таком числе Маха возбуждаются колебательные степени свободы молекул.

Отзыв на автореферат диссертации военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», составленный Головневым Александром Викторовичем, кандидатом технических наук, начальником кафедры аэродинамики и безопасности полета, Загорским Владимиром Алексеевичем, доктором технических наук, профессором кафедры аэродинамики и Воронко Денисом Сергеевичем, кандидатом технических наук, преподавателем кафедры, заверенный старшим помощником начальника строевого отдела И.В. Антоновым, содержит следующие замечания:

1. Из автореферата не ясно, каковы диапазоны применения полученных результатов с точки зрения допустимых начальных и граничных условий рассматриваемых течений газовых смесей.
2. По тексту автореферата и на графиках рисунков 1...8 применяется обозначение относительной координаты x/λ_∞ , при этом нет объяснения физической сущности входящих в нее величин x и λ_∞ .
3. Из автореферата не ясно, каким образом определяются величины, используемые для определения значений p^* .
4. Из автореферата не ясно, из каких соображений выбирались процентные содержания 13%, 50% и 80% тех или иных газов рассматриваемых смесей.
5. Из автореферата не ясно, из каких соображений в расчетах принимались различные значения свободного параметра $s = 0,5$ и $s = 1$.

Отзыв на автореферат диссертации публичного акционерного общества «Долгопрудненское научно-производственное предприятие»,

составленный Розанцевым Константином Олеговичем, кандидатом физико-математических наук, ведущим инженером-конструктором ПАО «ДНПП» и заверенный заместителем начальника службы по работе с персоналом -начальником отдела кадров ПАО «ДНПП» Поляковой Л.А. содержит следующие замечания:

1. В практической значимости указано, что результаты работы могут быть использованы для разработки программных пакетов, при этом не ясно для каких целей будут использоваться эти программы, действительно ли они так необходимы конструкторам; работе;

2. Нет чёткого описания какую задачу решил автор в своей диссертационной работе;

3. В автореферате не отражена модель столкновения частиц разных сортов в газовой смеси и как в ней выражаются параметры частот молекул разного сорта, через какие параметры они определяются.

Отзыв на автореферат диссертации публичного акционерного общества «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва», составленный Хатунцевой Ольгой Николаевной, доктором физико-математических наук, ученым секретарем ПАО РКК «Энергия» содержит следующее замечание:

Из автореферата неясно, из каких соображений была выбрана величина параметра Z при расчете течений в ударной волне

Отзыв на автореферат диссертации Московского государственного университета имени Н.Э. Баумана, составленный Назаровой Динарой Камилевной, кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Динамика и управление полетом ракет и космических аппаратов» и Калугиной Марией Денисовной, кандидатом технических наук, ассистентом кафедры «Динамика и управление полетом ракет и космических аппаратов», утвержденный деканом факультета «Специальное машиностроение» МГТУ им. Н.Э. Баумана А.Ю.Луценко, содержит следующие замечания:

1. Сравнение результатов, полученных с помощью разрабатываемых моделей, с результатами, полученными другими авторами, проведено только для ударных волн, но не для течения в канале.

2. Судя по рисунку 7, наблюдается небольшое отклонение результатов, полученных с помощью модельного кинетического уравнения и результатов, полученных с помощью системы моментных уравнений. В тексте автореферата это не объясняется.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в отрасли наук, к которой относится диссертационная работа Сергеевой Натальи Ивановны, что подтверждается наличием у них публикаций по теме диссертации в рецензируемых изданиях за последние 5 лет.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных лично соискателем исследований:

Разработаны физико-математические модели в виде модельного кинетического уравнения для описания течений смесей газов и получена система моментных уравнений на ее основе.

Результаты расчетов профилей ударных волн смесей с различным парциальным составом показали значительное влияние соотношения парциальных концентраций компонентов на размер возмущенной области.

Разработана физико-математическая модель сильнонеравновесного течения в канале с поглощающими стенками. Разработанная модель позволяет физически адекватно выставлять граничные условия на конденсирующей поверхности (поглощающей поверхности), не требуя больших объемов памяти и количества вычислительных операций.

Теоретическая значимость работы состоит в том, что разработанные физико-математические модели течений и методы их численной реализации могут быть использованы при изучении высоконеравновесных течений смесей газов;

Практическая значимость результатов диссертации состоит в том, что разработанные физико-математические модели могут быть использованы при разработке вычислительных ядер инновационных пакетов прикладных программ.

Достоверность полученных результатов подтверждена сравнением полученных данных с данными экспериментальных и расчетных исследований разных авторов.

Личный вклад соискателя заключается в том, что им получены следующие результаты:

- предложены модели для описания течений высокой степени неравновесности на основе модельного кинетического уравнения;
- получена система моментных уравнений на основе модельного кинетического уравнения для смеси газа;
- предложена комбинированная физико-математическая модель для описания течений плотных газов;
- показаны особенности влияния парциального состава смеси на процессы разделения компонентов;

- показаны особенности формирования потока в каналах с поглощающими стенками.

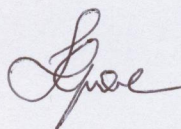
В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Сергеева Н.И. ответила обстоятельно и аргументировано на задаваемые ей в ходе заседания вопросы.

На заседании 19 декабря 2025 года (протокол заседания № 12) диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук и принял решение за решение научной задачи по разработке физико-математических моделей для описания высоконеравновесных течений смеси газов в области молекулярной газовой динамики и теории ударных волн присудить Сергеевой Наталье Ивановне ученую степень кандидата физико-математических наук.

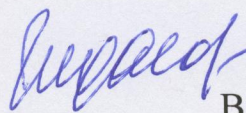
При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 6 докторов наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета 24.2.327.08, доктор физико-математических наук, профессор



Красильников
Павел Сергеевич

Ученый секретарь диссертационного совета 24.2.327.08, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник



Гидаспов
Владимир Юрьевич

Проректор по научной работе, доктор технических наук, доцент



Иванов
Андрей Владимирович

19 декабря 2025 г.