

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сергеевой Натальи Ивановны «Разработка физико-математических моделей для описания высоконеравновесных течений газовых смесей», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы

Актуальность темы диссертации связана с необходимостью физически адекватного описания разделения компонентов в газовой смеси при торможении высокоскоростных потоков и обтекании активных по отношению к отдельным компонентам поверхностей. Данное описание необходимо для решения практических задач, таких как обледенение летательных аппаратов, обтекание лобовых поверхностей спускаемых космических аппаратов и т.д.

Исследования, представленные в диссертационной работе Сергеевой Н.И., согласуется с современными направлениями развития науки и потребностями практики. Проблема описания высоконеравновесных течений существует как в газовой динамике, так и в динамике плазмы. Существует множество аналитических методов описания процессов, протекающих в смесях. Однако рассмотрение поведения смесей газов аналитически может быть сопряжено со значительными математическими трудностями. В связи с этим основными задачами, решаемыми в работе, являются:

1. Разработка физико-математических моделей для описания высоконеравновесных течений смеси газов на базе модельного кинетического уравнения.

2. Разработка моментных уравнений на основе полученных модельных кинетических моделей.

3. Разработка комбинированной модели для описания течений в плотных газах.

4. Тестирование полученных модели на основании сравнения полученных результатов с известными теоретическими, экспериментальными и расчетными данными.

5. Изучение особенностей разделения компонентов смеси в различных видах неравновесных течений.

Научная новизна работы:

1. Предложены новые модели для описания течений высокой степени неравновесности на основе модельного кинетического уравнения.

2. Получена система моментных уравнений на основе модельного кинетического уравнения для смеси газа.

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ  
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ  
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«4» 12 2025 г.



3. Предложена комбинированная физико-математическая модель для описания уравнения для смеси газа.

4. Показаны особенности влияния парциального состава смеси на процессы разделения компонентов.

5. Показаны особенности формирования потока в каналах с поглощающими стенками.

Практическая значимость диссертации состоит в том, что разработанные физико-математические модели течений и методы их численной реализации могут быть использованы при изучении высоконеравновесных течений и при разработке вычислительных ядер инновационных CFD-пакетов.

Достоверность полученных результатов подтверждается согласованием получаемых результатов с данными теории и валидацией полученных результатов по данным экспериментов.

Работа прошла достаточную апробацию, ее основные результаты опубликованы в российских и международных научных изданиях.

Автореферат в целом дает представление о существе работы и о личном вкладе автора в решении рассмотренной научной задачи.

Критические 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  $x/\lambda_\infty$ , при этом нет объяснения физической сущности входящих в нее величин  $x$  и  $\lambda_\infty$ .

3. Из автореферата не ясно, каким образом определяются величины, используемые для определения значений  $\rho^*$ .

4. Из автореферата не ясно, из каких соображений выбирались процентные содержания 13%, 50% и 80% тех или иных газов в рассматриваемых смесях.

5. Из автореферата не ясно, из каких соображений в расчетах принимались различные значения свободного параметра  $s = 0,5$  и  $s = 1$ .

Указанные замечания не снижают научной значимости и прикладного значения выполненной работы.

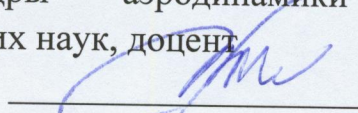
На основе представленных в автореферате сведений, можно заключить, что диссертация Сергеевой Натальи Ивановны представляет собой самостоятельную и законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи, имеющей существенное значение для науки и практики. Работа отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного



постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор  
Сергеева Наталья Ивановна – заслуживает присуждения ученой степени  
кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – Механика  
жидкости, газа и плазмы.

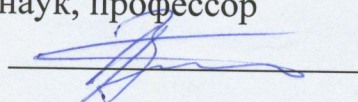
Отзыв составили:

начальник кафедры аэродинамики и безопасности полета,  
кандидат технических наук, доцент



Головнев Александр Викторович

профессор кафедры аэродинамики и безопасности полета,  
доктор технических наук, профессор



Загорский Владимир Алексеевич

преподаватель кафедры аэродинамики и безопасности полета,  
кандидат технических наук



Воронко Денис Сергеевич

Отзыв обсужден 27 ноября 2025 года на заседании кафедры  
аэродинамики и безопасности полета (Протокол № 15).

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная  
академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
(394064, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 54 а).  
Телефон: +7 (473) 244-76-06 , адрес электронной почты: [vva@mil.aero](mailto:vva@mil.aero)

Подлинность подписи

Головнева Александра Викторовича,

Загорского Владимира Алексеевича,

Воронко Дениса Сергеевича

ЗАВЕРЯЮ

СТАРШИЙ ПОМОЩНИК НАЧАЛЬНИКА СТРОЕВОГО ОТДЕЛА

Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-  
воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

«28» ноября 2025г.



И.В. Антонов