

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Дубровина Кирилла Алексеевича на тему  
«Влияние конденсации на структуру и послесвечение сверхзвуковой  
недорасширенной разреженной струи аргона» на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук по специальности

1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника

Современное развитие ракетно-космической техники и стремление к повышению эффективности ее функционирования в условиях ближнего и дальнего космоса требует углубленного понимания физико-химических процессов, сопровождающих истечение газов в разреженное пространство. Особый интерес представляет поведение сверхзвуковых струй, формирующихся при истечении газов из сопел в вакуум, поскольку именно они определяют условия взаимодействия выбросов с конструктивными элементами аппаратов и окружающей средой. Несмотря на значительное количество теоретических и экспериментальных исследований, структура таких струй в условиях интенсивной конденсации остается недостаточно изученной, особенно в отношении формирования кластеров и их влияния на динамику потока. Установлено, что при развитии кластеризации в сверхзвуковых разреженных струях наблюдаются вторичные структуры, обладающие уникальными свойствами, не поддающимися описанию в рамках классических моделей. Эти явления, выявленные в ходе высокоточной электронной диагностики, свидетельствуют о наличии ранее не исследованных механизмов взаимодействия частиц в условиях низких температур и давлений. Актуальность исследования заключается в необходимости комплексного анализа влияния процессов конденсации на газодинамическое и кинетическое поведение истекающего потока с целью уточнения существующих моделей и расширения знаний в области теплофизики разреженных сред.

В диссертационной работе Дубровиным Кириллом Алексеевичем, исходя из содержания автореферата: адаптированы и валидированы методы и средства диагностики на газодинамической установке ЛЭМПУС-2 для проведения исследования в кластированных сверхзвуковых разреженных потоках; проведены измерения геометрических характеристик сверхзвуковой недорасширенной струи аргона в условиях развитой конденсации; исследован процесс взаимодействия кластированного потока с фоновым газом и др.

Научная новизна диссертационной работы Дубровина Кирилла Алексеевича, исходя из содержания автореферата, заключается: в предложении эмпирической поправки, учитывающей процесс конденсации, к существующей модели, связывающей начальные параметры истечения с поперечным размером формируемой струи; в экспериментальном подтверждении того, что взаимодействие кластеров с фоновым газом приводит к фрагментации кластеров и подавлению проникания частиц фонового газа в центральную область истекающей струи, и др.

По теме диссертации Дубровиным Кириллом Алексеевичем опубликованы, в том числе в соавторстве, 50 научных работ, из них 13 статей в российских и зарубежных периодических рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК для представления основных результатов диссертационной работы.

По автореферату имеются следующие **замечания**:

1. В диссертационной работе недостаточно подробно обоснована выборка режимов истечения и параметров экспериментальной среды, что затрудняет воспроизводимость результатов и проведение их корректной интерпретации в рамках других экспериментальных установок. Отсутствие систематического анализа чувствительности результатов к изменению ключевых переменных (температуры торможения, состава фоновых газов, степени разрежения и др.) снижает универсальность полученных выводов.

2. Согласно ГОСТ Р 7.0.11-2011, в заключении диссертационной работы, помимо итогов выполненного исследования и рекомендаций, также должны быть приведены перспективы дальнейшей разработки темы.

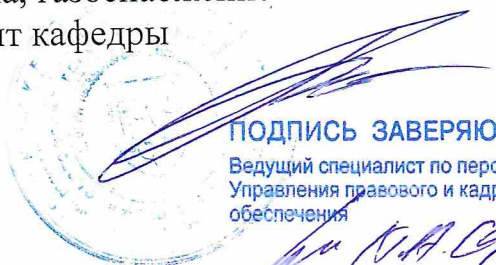
Замечания носят не принципиальный характер и не оказывают влияния на общую положительную оценку диссертации.

Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от «24» сентября 2013 года № 842 (ред. от «16» октября 2024 года), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Дубровин Кирилл Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая тепло-техника.

*Я, Павлов Михаил Васильевич, согласен на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 24.1.129.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук», и их дальнейшую обработку.*

28.04.2025 г.

Кандидат технических наук по специальности  
05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция,  
кондиционирование воздуха, газоснабжение  
и освещение, доцент, доцент кафедры  
теплогазоводоснабжения



Павлов  
Михаил Васильевич

Наименование организации: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодский государственный университет» (Вологодский государственный университет).

Почтовый адрес организации: 160000, Российская Федерация, Вологодская область, городской округ город Вологда, город Вологда, улица Ленина, дом 15.

Телефон: (8172) 53-19-49.

Адрес электронной почты: kanz@vogu35.ru.

Официальный сайт организации: vogu35.ru.