

ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертационную работу
Дубровина Кирилла Алексеевича «Влияние конденсации на структуру и послесвечение сверхзвуковой недорасширенной разреженной струи аргона», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника

Систематическое изучение сверхзвукового истечения струй и экспериментально, и теоретически выполняется уже многие десятилетия. Это связано в первую очередь с различными практическими приложениями в первую очередь в авиационной и космической технике. Активно развивается и использование таких струй при создании новых композитных материалов. В ряде случаев истечение струи сопровождается процессами конденсации и формирования кластеров. Исследование в подобных процессах кластеризации атомов или молекул потока также изучается уже много десятилетий. Тем не менее влияние процессов конденсации на формирование и эволюцию сверхзвуковых струй разреженного газа все еще требует систематического изучения. Диссертационная работа Дубровина К.А. и посвящена экспериментальному изучению на динамику сверхзвуковой недорасширенной струи разреженного аргона формирующихся в ней кластеров. Таким образом, тематика данной диссертационной работы, безусловно, актуальна.

Во введении формулируется цель работы и решаемые в ней задачи. В этой связи стоит отметить, что цель диссертации автор формулирует чрезвычайно лаконично и не очень понятно, используя явные жаргонные обороты: «кластированная струя», «послесвечение». Автор в диссертации так и не определяет, что имеется в виду под термином «послесвечение». Так сформулированная цель работы не позволяет заинтересованному читателю понять, о чем конкретно идет речь. Кроме того, название диссертации также стилистически неудачное. Надо писать: «Сверхзвуковой недорасширенной струи разреженного аргона», поскольку не ясно, что такое разреженная струя. Наконец, личный вклад должен быть прописан детальнее. В публикациях автора диссертации много соавторов, включая руководителя, вклад которых не ясен, не ясен и вклад в диссертанта. Из перечня, который автор приводит в соответствующем абзаце в диссертации, следует, что все, включая постановку задачи, проведение экспериментов, обработку и анализ полученных данных делал диссертант. Что же тогда делали соавторы?

Первая глава носит обзорный характер. Она хорошо структурирована, что позволило автору проанализировать общее состояние исследований истечения сверхзвуковых струй и процессов конденсации. Это позволило Дубровину К.А. обосновать постановку конкретных задач диссертации.

Глава 2 является центральной в диссертации с методической точки зрения. Здесь, во-первых, рассмотрено устройство газодинамического стенда ЛЭМПУС-2. В автореферате указывается, что в диссертации описываются его модификации, выполненные в процессе работы над диссертацией. Однако реферат не позволяет понять, о каких модификациях идет речь. Это остается не ясным и из текста диссертации, во всяком случае не ясно, о каких конкретно модификациях идет речь. В двух следующих параграфах этой главы обсуждается электронно-пучковая и

молекулярно-пучковая диагностики. Обе методики чрезвычайно важны с точки зрения выполнения необходимых измерений. Здесь проведена и валидация обеих методик. К сожалению, это сделано сопоставлением с данными, полученными в отсутствие конденсации. Валидация молекулярно-пучковой диагностики выполнена преимущественно на достаточно старых экспериментальных данных. Кроме того, в ряде случаев имело место расхождение в фигурирующих в том и в другом случаях параметров (например, радиуса струи, числе Маха и т.п.) что делает такое сопоставление соответствующих данных недостаточно убедительным. В конечном итоге из содержания этой главы трудно извлечь точные данные о том, с какой точностью выполнялись все необходимые измерения, в частности, числовой плотности, поступательной и вращательной температур и т.д.

В третьей главе изучается влияние конденсации на структуру и размеры сверхзвукового потока аргона. Здесь наиболее интересными являются данные о том, что наличие конденсации приводит к формированию вторичного внешнего потока. Предложенная эмпирическая поправка позволяет связать начальные параметры истечения с поперечным размером формируемой струи. В этой связи хочется заметить, что было бы интересно понять зависимость наблюдаемого явления от параметров подобия, с одной стороны, и при использовании микросопел, с другой. Наконец, интересно понять динамику формирующегося внешнего потока от давления фонового газа. Последний вопрос тесно связан с изучением взаимодействия образующихся в потоке кластеров с молекулами фонового газа, чему посвящена глава 4. Следует отметить, что подобный эксперимент, конечно, интересен, но его постановка должна быть достаточно строгой. Перед началом следует откачать остатки аргона, потом заполнить объем фоновым газом при заданном давлении и затем инициировать струйное течение. В этом случае можно однозначно определить характер проникновения фонового газа в струю, оценить характер взаимодействия его молекул с кластерами и атомам аргона. Меняя затем давление фонового газа, можно выяснить его влияние на указанные процессы. В экспериментах, описанных в диссертации, предварительная откачка объема не выполнялась, так что фоновый газ фактически представлял собой смесь аргона и азота. Здесь также могли присутствовать и кластеры разного размера. По этой причине к полученным данным следует относиться с определенной осторожностью, хотя формулируемые качественно выводы вполне разумны.

В последней главе изучаются характерные особенности излучения частиц потока, инициированного электронным пучком. Отмечается, что излучение селективно и регистрируется только вне области возбуждения. Интересны данные о зависимости профилей интенсивности излучения от локализации электронного пучка, что позволяет, по крайней мере, качественно определить диапазон длительности имеющих здесь место релаксационных процессов. Некоторым недостатком этой главы является отсутствие в ее начале четкой формулировки представляемых экспериментов. В частности, не ясно при описании экспериментов, представленных в параграфах 5.1 и 5.2 имеется ли в объеме фоновый газ, и если имеется, то какой. Эта глава заканчивается формулированием некоторой модели излучения частиц кластерного следа. Указывается, что наиболее вероятной причиной свечения вторичного потока в изучаемых сверхзвуковых струях, возбужденных

высоковольтным электронным пучком, является механизм взаимодействия возбужденных кластеров со статичными мономерами фонового газа.

В заключении формулируются основные полученные результаты.

Подводя итог, необходимо отметить, что данная диссертационная работа представляет систематическое исследование динамики сверхзвуковых недорасширенных струй в условиях развитой конденсации. Работа выполнялась на протяжении семи-восьми лет и является одним из первых исследований такого рода. Ее реализация потребовала использования весьма сложного оборудования и нетривиальных измерительных методов. Автор при этом демонстрирует высокую физическую культуру, хорошее знание и понимание физики и механики разреженных газов и сложных теплофизических процессов конденсации, возбуждения атомов и молекул исследуемых газов. Достоверность полученных результатов подтверждена не только использованием современных методов измерения и диагностики, но и многочисленными сопоставлениями полученных данных с известными результатами и теориями.

Необходимо еще раз отметить, что задачи, решенные в диссертации, сложные и здесь действительно получены новые и интересные данные. Основные результаты диссертации хорошо опубликованы и уже известны в стране и за рубежом. Автореферат отражает содержание диссертации. Диссертационная работа Дубровина К.А. соответствует паспорту научной специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника по пунктам 1, 4 и 9, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника.

Доктор физико-математических наук (01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы), профессор,
профессор кафедры теоретической механики ФГБУН Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин)

16 мая 2025 г.

 Рудяк Валерий Яковлевич



тел.: +7 (383) 266-80-14, rudyak@sibstrin.ru

Почтовый адрес: 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (НГАСУ (Сибстрин))

Тел.: +7 (383) 266-41-25, e-mail: rector@sibstrin.ru

Я, Рудяк Валерий Яковлевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Дубровина К.А., и их дальнейшую обработку.