

ОТЗЫВ НА АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ

Волкова Луки Сергеевича «Интенсификация смешения поперечной струи с высокоскоростным потоком воздуха с помощью электрических разрядов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы»

В диссертации Л.С. Волкова выполнено теоретическое и экспериментальное исследование воздействия импульсно-периодического электрического разряда на поперечную струю газа, истекающую из круглого отверстия в сверхзвуковой поток. Разряд организован вверх по потоку от места инъекции в цилиндрической области, ортогональной струе. Целью работы является определение влияния разряда на эффективность перемешивания струи и набегающего потока, применительно к организации сверхзвукового горения. В численных расчетах и в экспериментах исследование выполнено для струи нереагирующего углекислого газа, истекающей в воздушный поток. Для исследования смешения такая постановка вполне достаточна.

Актуальность темы диссертации обусловлена возможностью использования электрических разрядов в высокоскоростных потоках в приложениях «магнитоплазменной аэродинамики», к которым относятся, например стимулирование и интенсификация горения в прямоточных камерах сгорания или управление обтеканием летательных аппаратов. Тематика сравнительно новая, интенсивно развивается с начала 1990-х. С 1999 года в ОИВТ РАН под руководством В.А. Битюрина проводилась (и продолжает проводиться) специализированная конференция, которая в первые годы собирала по несколько сотен участников. Ученые и технические специалисты со всего мира (США, Японии и других стран) специально приезжали, чтобы черпать в России вдохновение и идеи. Сейчас исследования продолжаются во многих странах, но приоритет российской науки остается неоспоримым. Уже только поэтому, чтобы не сдавать позиций, направление «магнитоплазменной аэродинамики» в России следует развивать и поддерживать. Исследования по плазменно-стимулированному горению в ОИВТ РАН проводились в 1990-е С.Б. Леоновым, продолжены его учеником А.А. Фирсовым, а теперь к защите представлена диссертация Л.С. Волкова – ученика А.А. Фирсова. Школа ОИВТ РАН живет, работа продолжается!

В целом, автореферат написан безупречно: выполнен содержательный обзор литературы, ясно обозначены объект исследований, цель работы,

описана методология исследований, определена научная новизна, четко сформулированы положения, выносимые на защиту.

Следует отметить следующие особенности работы и достижения:

1. Численное моделирование выполнено с использованием российского пакета программ Flow Vision (это гораздо лучше, чем использование зарубежных инженерных пакетов). Основная часть расчетов проведена в рамках осредненных нестационарных уравнений Навье-Стокса (URANS), а для контроля, в некоторых случаях, использовалась современная вихреразрешающая методика LES. Учитывая, что с вычислительной точки зрения задача является очень сложной, существенно трехмерной и нестационарной, такой подход вполне оправдан. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнения, поскольку проведены сравнения с опубликованными ранее результатами для течения с поперечной струей в сверхзвуковом потоке, оценивалась сеточная сходимость, проводились сравнения расчетных и экспериментальных данных.

2. Сильной стороной работы является комбинированный подход, основанный на численном моделировании явления в сочетании с экспериментами, выполненными на самом высоком современном уровне. Численное моделирование позволило «заглянуть внутрь» сложного нестационарного трехмерного течения, выделить и объяснить основные механизмы интенсификации смешения при воздействии импульсно-периодических разрядов. Эксперименты подтвердили корректность расчетов и выводов.

3. Автор очень тщательно подошел к выбору количественного критерия эффективности смешения (отдельный раздел главы 1), изучив большое количество литературы. Этот вопрос важен, поскольку горение в работе не изучается и невозможно определить напрямую коэффициент сгорания топлива. В итоге обоснован выбор интегрального и мгновенного критериев, которые рассчитываются в виде интегралов по осредненным или мгновенным полям течений.

4. Достигнута основная цель. Показано, что течение, которое формируется при инжекции околосвуковой поперечной струи в сверхзвуковой поток через круглое отверстие на плоской стенке, действительно реагирует «нужным образом» на импульсно-периодический энергозатрат, организованный вверх потоку от отверстия инжектора «правильным образом», в том смысле, что эффективность перемешивания действительно увеличивается. При разрядах формируются крупные возмущения, и при частотах разряда совпадающих или кратных характерным «собственным» частотам возмущений в струе существенно увеличивается глубина проникновения струи в сверхзвуковой поток.

Обнаружен и обоснован поэтапный механизм интенсификации смешения искровыми разрядами, основанный на импульсном воздействии на нестационарные отрывные зоны и интенсификации формирования поперечных вихрей.

Можно отметить следующие недостатки:

1. Не очень удачно выбрана терминология для объяснения типов граничных условий в численных расчетах, привязанная к способам реализации этих самых условий – «симметрия» и «антисимметрия», что вводит в некоторое заблуждение. Гораздо лучше рассуждать в терминах типов условий: в первом случае речь идет об условиях «свободного вытекания» (или «неотражающих» условиях), а во втором – об условиях «непротекания» на поверхности тел или плоскости симметрии.

2. С вычислительной точки зрения поставленная трехмерная нестационарная задача является очень сложной. Несмотря на это, время расчета одного варианта в типичном случае выглядит неоправданно высоким. Как указано в работе, «благодаря применению динамических адаптаций количество ячеек составляло от 1 до 1,5 млн» (то есть не столь уж большое даже для расчетов на одном ядре современного процессора ПК), а для завершения всех переходных процессов требовалось порядка нескольких тысяч шагов (это тоже вполне обычное значение). Типичный расчет в рамках URANS (при числе CFL порядка 2) на 64 ядрах суперкомпьютера Фишер занимал 7 суток, а LES – 20 суток (при числе CFL порядка 6). Возможно, столь высокие затраты обусловлены применением неявных методов расчета, а возможно – особенностями пакета Flow Vision.

Отмеченные недостатки не снижают научной ценности результатов, полученных в диссертации.

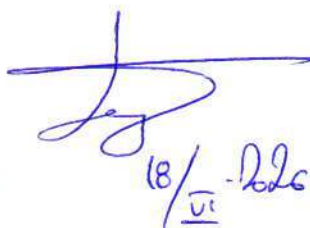
Уровень выполненного исследования, глубокое понимание автором физики явлений, уверенное владение современными пакетами программ, навыки проведения экспериментов, умение ясно излагать мысли и оформлять научные тексты подтверждают высокую квалификацию автора.

Судя по автореферату, диссертация «Интенсификация смешения поперечной струи с высокоскоростным потоком воздуха с помощью электрических разрядов» удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. N 842 «О порядке присуждения ученых степеней». Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития механики жидкости, газа и плазмы. Полученные результаты по интенсификации смешения поперечной струи и сверхзвукового воздушного потока искровыми разрядами могут быть использованы при разработке

способов организации горения в камерах сгорания прямоточных воздушно-реактивных двигателей.

Лука Сергеевич Волков заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы»

Ведущий научный сотрудник
НИИ механики МГУ
имени М.В. Ломоносова,
кандидат физико-математических наук
e-mail: georgi@imec.msu.ru
тел.: +7 (495) 939-5977



18/VI - 226

Георгиевский
Павел Юрьевич

Специальность, по которой защищена диссертация:
01.02.05 - механика жидкости, газа и плазмы

Сведения о месте работы:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский государственный имени М.В.
Ломоносова», Научно-исследовательский институт механики

119192, Москва, Мичуринский проспект, д. 1

<http://www.imec.msu.ru/>,

e-mail: common@imec.msu.ru

тел.: +7 (495) 939-3121



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Волкова Луки Сергеевича «Интенсификация смешения поперечной струи с высокоскоростным потоком воздуха с помощью электрических разрядов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

Диссертационная работа Волкова Л.С. посвящена актуальной задаче поиска новых эффективных способов перемешивания газов в условиях высокоскоростного потока. В работе предложен оригинальный способ перемешивания сверхзвукового потока с поперечной газовой струей, который состоит в периодическом инициировании искровых разрядов в отрывной зоне перед инжектором струи.

Задача имеет высокую научную и практическую значимость, так как решение задачи перемешивания топлива и окислителя в высокоскоростных потоках необходимо при разработке и оптимизации работы энергетических устройств (силовых установок различных типов, газотурбинных установок и др.).

В работе использован комплексный подход, включающий численное моделирование и эксперимент. На основе экспериментальных данных и численного моделирования показано, что периодические искровые разряды стабилизируют частоту формирования крупных возмущений (поперечных вихрей) на границе струи, а также позволяют в некоторых пределах воздействовать на эту частоту. Подробно рассмотрен механизм формирования поперечных вихрей в отсутствие разрядов и после искрового разряда. На основании данных, полученных путем моделирования, рассчитаны количественные критерии эффективности перемешивания. Определена зависимость коэффициента эффективности перемешивания от основных параметров разряда (энергия, частота, местоположение). Показано, что искровые разряды способны увеличить глубину проникновения струи в поток (на несколько десятков процентов) и коэффициент эффективности перемешивания. Найдены оптимальные частоты разрядов. Для обработки полученных в эксперименте высокоскоростных теневых видеозаписей использовались периодограммы и спектральное ортогональное разложение, что позволило определить частоты пульсаций в различных местах исследуемого течения в случаях отсутствия и наличия разрядов.

Достоверность результатов подтверждается наблюдаемым согласием между экспериментальными и расчетными данными.

К достоинству работы следует отнести грамотность постановки и реализации численного решения рассматриваемой сложной трехмерной задачи, включающей корректность применения численных методов и проверку как сеточной сходимости решения, так и независимости решения от шага по времени. Принятая для расчетов численная модель была протестирована на примере известного из литературы частного случая задачи поперечной инжекции струи воздуха в сверхзвуковой поток.

Автореферат достаточно полно раскрывает актуальность темы, научную новизну, достоверность и обоснованность полученных результатов, демонстрирует их практическую значимость.

К изложенному в автореферате материалу имеются следующие замечания:

1. В тексте автореферата отсутствует описание физического механизма возникновения крупномасштабных возмущений на границе струи и реализации максимума этого эффекта при числе Струхала 0.24, причем с точностью 0.01. Что будет с течением при других значениях числа Струхала и более высоких коэффициентах напора струи ($J > 1.6$)?
2. В связи с этим не ясно, почему при малых коэффициентах напора струи $J = 0.7$ помимо основной моды, соответствующей числу Струхала 0.24, возникает дополнительный максимум в эффективности перемешивания при числе Струхала 0.06.
3. На рисунке 7 имело бы смысл привести данные по перемешиванию без разряда, чтобы лучше видеть эффект от его воздействия.

В целом, несмотря на отмеченные недостатки, представленные в автореферате материалы позволяют сделать вывод о том, что диссертационная работа Волкова Луки Сергеевича соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней» (утв. Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 №842, в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор, Волков Лука Сергеевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

Доктор физико-математических наук, профессор,
Центр образовательных программ при физтех-школе ЛФИ
Московского физико-математического института

Н.Л. Александров


08.06.26

Отзыв составил Александров Николай Леонидович, профессор Центра образовательных программ при Физтех-школе физики и исследований им. Ландау (ЛФИ) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», 141700, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский пер. 9, тел. +7(495)4086385, e-mail: aleksandrov.nl@mipt.ru.

Заверяю

Ученый секретарь Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»,
к.ф.-м.н. Евсеев Евгений Григорьевич



141701, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский переулок, д.9, 8 (495) 576-41-77, e-mail: evseev.eg@mipt.ru

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Волкова Луки Сергеевича «Интенсификация смешения поперечной струи с высокоскоростным потоком воздуха с помощью электрических разрядов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности

1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы

Диссертационная работа Л. С. Волкова посвящена решению актуальной проблемы разработки эффективных методов интенсификации перемешивания газовых потоков в условиях сверхзвуковых скоростей.

Предложен оригинальный метод ускорения смешения сверхзвукового потока с поперечной газовой струей — периодическое инициирование искровых разрядов перед инжектором струи.

Научная и практическая значимость работы обусловлена необходимостью оптимизации процессов смешения топлива и окислителя в высокоскоростных потоках, что важно для проектирования и совершенствования энергетических устройств, таких как камеры сгорания со сверхзвуковым потоком.

Методология исследования базируется на комплексном подходе, объединяющем численное моделирование и экспериментальные методы.

В работе продемонстрировано, что периодические искровые разряды стабилизируют частоту формирования крупномасштабных возмущений на границе струи и позволяют модулировать эту частоту. Изучен механизм возникновения вихревых структур в рассмотренной конфигурации течения — как в отсутствие разрядов, так и при их воздействии. На основе численных расчётов получены количественные критерии эффективности смешения, проведено сравнение нескольких критериев. Установлена зависимость коэффициента эффективности перемешивания от ключевых параметров разряда (энергия, частота). Выявлено, что искровые разряды способны увеличивать глубину проникновения струи в поток. Определены оптимальные частоты разрядов, при которых наблюдается наилучшее перемешивание.

Данная работа обладает фундаментальной и прикладной ценностью. Исследование раскрывает механизм взаимодействия периодических искровых разрядов с газодинамическими структурами в сверхзвуковом потоке. Результаты параметрического исследования позволяют целенаправленно управлять процессами перемешивания. Полученные результаты могут послужить основой для новых технологий интенсификации смешения топлива и окислителя в высокоскоростных потоках.

Автореферат полно отражает актуальность выбранной темы, научную новизну, обоснованность и научную ценность результатов.

К автореферату можно высказать следующее замечание:

В автореферате отсутствуют данные о вычислительных затратах при численном моделировании рассматриваемых течений.

В целом, материалы автореферата свидетельствуют о том, что диссертационная работа Л.С. Волкова соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней» (утв. Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842, ред. от 25.01.2024), предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 1.1.9 «Механика жидкости, газа и плазмы». Автор диссертации, Л.С. Волков заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Отзыв подготовил доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник Научного центра Института Компьютерных наук и прикладной математики МАИ

Гидаспов Владимир Юрьевич
+74991584090 gidaspov@mai.ru

Дата составления отзыва:

«11» июня 2026 г.

Подпись Гидаспова В.Ю. удостоверяю:

Директор Научного центра

Института компьютерных

наук и прикладной математики



Н.С. Северина

М.П.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4

тел/факс: +7 499 158-92-09, e-mail: mai@mai.ru

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Волкова Луки Сергеевича
«Интенсификация смешения поперечной струи с высокоскоростным потоком воздуха с помощью электрических разрядов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности

1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

Струйные течения имеют широкое распространение в разнообразных технических приложениях. Основные закономерности развития струй в дозвуковых и сверхзвуковых потоках в настоящее время хорошо изучены экспериментально и теоретически. Однако исследование некоторых аспектов струйных течений остается актуальной задачей. Например, существует потребность в разработке и исследовании новых способов интенсификации перемешивания струи газообразного топлива с потоком окислителя (воздуха). В случае сверхзвукового потока задача перемешивания осложняется малым временем пребывания элементарного объема топливно-воздушной смеси в камере сгорания. Поэтому в последние десятилетия были предложены и изучены разнообразные устройства, позволяющие улучшить перемешивание. В настоящее время в научной литературе появляются работы, посвященные применению плазменных актуаторов для перемешивания, но экспериментальные работы по этой теме остаются немногочисленными. Таким образом, актуальность темы исследования не вызывает сомнения.

В диссертационной работе Волкова Л.С. с помощью численного моделирования и экспериментов исследовано перемешивание высокоскоростного потока воздуха (с числом Маха 2) с поперечно истекающей в него струей газа. Предложен способ воздействия на струю с помощью плазменного актуатора, в основе которого – искровой разряд, обеспечивающий периодический импульсный энерговклад в ограниченном объеме с наветренной стороны от инжектора. Исследованы процессы, которые происходят после разряда, и влияние разрядов на качество перемешивания. Также опробовано несколько разных критериев перемешивания. Использованный подход к численному моделированию включал несколько предварительных проверок: проверка сходимости решения, проверка совпадения результатов моделирования с известными из литературы экспериментальными данными. Результаты экспериментов в диссертационной работе, по-видимому, используются в основном для подтверждения выводов, полученных при анализе данных численного моделирования.

Можно констатировать, что все поставленные в диссертационной работе задачи были выполнены. Работа обладает научной новизной. Некоторые научные результаты можно охарактеризовать словом «впервые»: впервые исследована зависимость эффективности перемешивания от энергии и частоты искровых разрядов; впервые исследован механизм интенсификации смешения посредством искровых разрядов. Результаты работы имеют ценность для исследователей, занимающихся проблемами горения в высокоскоростных потоках и разработкой новых способов перемешивания газов.

Автореферат диссертации добротен, оформлен, легко читается. Работа прошла достаточную апробацию по части публикаций (4 статьи в рецензируемых научных

изданиях), и по участию соискателя в научных конференциях всероссийского и международного уровня.

В качестве замечаний по содержанию автореферата можно отметить следующее:

1. Среди проблем, связанных с применением «пассивных» способов перемешивания газов, существует проблема потери полного давления. Однако, в работе не приведены данные о потерях полного давления при использовании искрового разряда для перемешивания газов,
2. В автореферате присутствует термин «типичный расчет», однако это не дает полную картину оценки вычислительной сложности модели, отсутствуют граничные и начальные условия для подобного «типичного расчета», вид добавочного члена с объемным тепловыделением,
3. В работе не показан профиль скорости в инжекторе. Это может быть важным обстоятельством, поскольку известно, что вид профиля скорости (параболический, ударный и т.д.) влияет на развитие тех или иных мод неустойчивости в затопленных струях.

Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку полученных в диссертации результатов. Материалы автореферата позволяют сделать вывод о том, что диссертационная работа Волкова Л.С. является законченным научным исследованием. Считаю, что по объему выполненных исследований, научной новизне, теоретической и практической значимости работа соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013, в действующей редакции, а ее автор, Волков Лука Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

Отзыв подготовил: Шемахин Александр Юрьевич, д.т.н., доцент кафедры радиофизики Института физики Казанского (Приволжского) федерального университета.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»
420008, Россия, РТ, г. Казань, ул. Кремлевская, д.18.
Телефон 8 (843) 233-71-09.

Шемахин Александр Юрьевич

д.т.н., доцент,

+7 917 233 6638, e-mail: ashemakhin@yandex.ru

Подпись Шемахина А.Ю. заверяю:



10.06.2026

М.П.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Волкова Луки Сергеевича** на тему «Интенсификация смешения поперечной струи с высокоскоростным потоком воздуха с помощью электрических разрядов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы

Диссертация Волкова Луки Сергеевича посвящена исследованию нового способа перемешивания веществ в сверхзвуковом потоке путем инъекции поперечной газовой струи в поток через круглое отверстие на плоской стенке. Предложенный и исследованный способ основан на применении плазменного актуатора, состоящего из двух электродов, расположенных заподлицо с плоскостью инъекции, с наветренной стороны от инжектора. Цель работы состоит в исследовании механизма воздействия актуатора на рассмотренное течение и выявлении зависимости эффективности перемешивания от ключевых параметров актуатора: энергии и частоты разрядов.

В первой главе проведён всесторонний анализ существующих подходов к интенсификации смешения веществ в высокоскоростных потоках. Рассмотрены: «пассивные» и «активные» методы перемешивания, включая применение электрических разрядов, с акцентом на их потенциал для управления газодинамическими процессами. Сформулированы критерии оценки качества перемешивания, используемые в современной аэродинамике. Обоснована перспективность использования искровых разрядов для интенсификации смешения, сформулированы гипотезы о влиянии частоты и энергии разрядов.

Во второй главе изложена методика численного моделирования исследуемого явления. Проведена проверка корректности численной модели на примере классического частного случая струи в сверхзвуковом потоке. Проведены стандартные для CFD процедуры проверки сходимости решения. Проведено качественное сравнение результатов моделирования, выполненных двумя методами: URANS и LES.

В третьей главе проанализированы результаты численного моделирования. Исследована структура течения с акцентом на крупных возмущениях (поперечных вихрей) в сдвиговом слое на границе струи. Обнаружено явление «захвата частоты» этих вихрей при работе плазменного актуатора. Рассмотрен механизм воздействия актуатора на течение. Выявлены оптимальные режимы выделения энергии в разрядах, при которых достигается наилучшее качества перемешивания струи с потоком.

В четвертой главе изложены экспериментальные исследования. Приведено описание сверхзвуковой аэродинамической трубы ИАДТ-50 (ОИВТ РАН), диагностических средств. Описаны два способа обработки полученных в эксперименте высокоскоростных теневых видеозаписей. Сделаны выводы о влиянии разрядов на частоту и размер крупных возмущений на границе струи.

Полученные автором результаты обладают научной новизной и могут учитываться при работе научных групп, осуществляющих эксперименты по горению в сверхзвуковом потоке.

К автореферату имеются следующие замечания:

1. Поскольку были проведены расчеты LES и RANS, то представляет интерес сравнить осредненное решение LES (как более точное) с расчетом RANS.
2. Также представляет интерес сравнение спектра колебаний струи между RANS и LES с точки зрения сравнения амплитуд и частот низкочастотных колебаний.
3. Из автореферата неясно, использовалась ли модель расчета электромагнитных полей, или искра задавалась только как тепловыделение. Если последнее – то необходимо оценить вклад силы Лоренца на течение.

Сделанные замечания не влияют на общую высокую оценку выполненной работы. Все сделанные утверждения обоснованы, обладают ясностью и наглядно проиллюстрированы в автореферате. Работа является законченным научным исследованием и удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, в соответствии с «Положением о присуждении учёных степеней» (утв. Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 №842, в действующей редакции). Соискатель Волков Лука Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

Отзыв подготовил

кандидат физ-мат наук,

Технический директор ООО ТЕСИС,

Аксенов Андрей Александрович



Адрес: 127083, Москва, ул. Юннатов, 18, офис 705

Телефон: (495) 612-44-22, 612-42-62

Адрес электронной почты: andrey@tesis.com.ru

Подпись ФИО удостоверяю

Генеральный директор ООО ТЕСИС

Курсаков С.Н.

Дата «01» июня 2026 г.



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Волкова Луки Сергеевича
на тему «Интенсификация смешения поперечной струи с высокоскоростным потоком воздуха с помощью электрических разрядов», предоставленной на соискание степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. – «Механика жидкости, газа и плазмы»

В диссертационной работе Волкова Л.С. рассматривается актуальная задача повышения эффективности смешения топлива и окислителя в условиях высокоскоростных течений. Тема исследования имеет важное прикладное значение для задач авиастроения, ввиду короткого времени пребывания элементарного объема топливно-воздушной смеси в камере сгорания некоторых типов двигателей.

Автореферат содержит последовательное и логичное изложение проделанной автором работы по исследованию аспектов нестационарного газодинамического течения, образованного взаимодействием сверхзвукового потока воздуха и струи газа, инжектируемой в этот поток через отверстие на стенке, в присутствии периодических искровых разрядов в отрывной зоне перед инжектором. Проведено комплексное параметрическое численное и экспериментальное исследование зависимости эффективности смешения от частоты и энергии искрового разряда. Выявлены параметры разряда, приводящие к интенсификации смешения сверхзвукового потока с поперечной струей.

Основные результаты опубликованы в 4 рецензируемых изданиях, индексирующихся в базах данных RSCI, Scopus и Web of Science, и представлены на профильных конференциях.

Вместе с тем, по тексту автореферата имеются следующие замечания:

1. В тексте автореферата используется понятие вторичной струи газа в отношении основной струи из отверстия на стенке. Использование этого понятия предполагает наличие и первичной струи, однако, непонятно, что в таком случае под ней подразумевается.
2. В разделе 3.1 утверждалось, что в рассмотренном диапазоне условий численного эксперимента "естественная" частота практически неизменна и имеет $Sh=0.24$. На Рис.7 "естественной" частоте $Sh=0.24$ соответствует частота 40 кГц, на Рис.10 пик SPOD-спектра для течения без разряда, соответствующий характерной частоте формирования поперечных вихрей, т.е. той же самой "естественной" частоте, находится в районе 47 кГц. Возможно, что данное расхождение связано с разными условиями численного и физического экспериментов. При этом в автореферате не указано, при каких условиях проводились параметрические исследования в разделе 3.5 и для данных на рис. 7. Также было бы уместным указать, что подразумевается под "естественной" частотой при первом ее упоминании, а не в заключении автореферата.
3. В соответствии с данными на Рис. 7, помимо случаев $J=0.7-1.3$, $Sh=0.24$, соискателем отдельно исследован случай с $J=0.7$, $Sh=0.06$. При этом в автореферате ничего не сказано про вариант $J=1.3$, $Sh=0.36$, хотя локальный максимум эффективности перемешивания при $Sh=0.36$ сравним с локальным максимумом при $Sh=0.24$.

Указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общей положительной оценки работы. Диссертационная работа Волкова Л.С. является завершённым научным исследованием, соответствует паспорту специальности 1.1.9 «Механика жидкости, газа и плазмы», удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а её автор, Волков Лука Сергеевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Федерального государственного учреждения "Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук" (ИПМ им. М.В. Келдыша РАН), тел.: +7 (985) 968-80-31, e-mail: hanhyana@keldysh.ru

Ханхасаева Яна Владиславовна

 18.06.26

Наименование организации: Федеральное государственное учреждение "Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук".

Адрес организации: 125047, Москва, Миусская пл., д.4, ИПМ им. М.В.Келдыша РАН
тел.: +7 499 978-13-14, факс: +7 499 972-07-37, e-mail: office@keldysh.ru

Подпись Ханхасаевой Яна Владиславовны заверяю

Ученый секретарь
ИПМ им. М.В. Келдыша РАН,
к.ф.-м.н.



Давыдов А.А.