

ОТЗЫВ

Официального оппонента Копьева Виктора Феликсовича на диссертацию Тамбовцева Александра Сергеевича «Исследование сценариев диффузионного горения микроструй водорода при их взаимодействии», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. – Механика жидкости, газа и плазмы.

Диссертация посвящена экспериментальному исследованию диффузионного горения одиночных микроструй водорода, истекающих в затопленное пространство на до- и сверхзвуковой скорости, диффузионного горения микроструй водорода при их истечении из сопловых аппаратов, обеспечивающих соосную подачу воздуха с до- и сверхзвуковой скоростью, а также исследованию диффузионного горения двух одиночных взаимодействующих микроструй.

Актуальность темы связана с широким распространением микрогорелочных устройств, которые применяются в сфере производства тепла, электроэнергии, освещения, получения различных веществ и материалов. Такие устройства по сравнению с крупномасштабными горелочными установками более безопасны, а также позволяют легко управлять режимами их работы. Кроме того, путем изменения числа микрогорелок в устройстве можно легко масштабировать процесс в целом. Использование в качестве горючего водорода обусловлено экологичностью, а также тем фактом, что водород демонстрирует наилучшие характеристики по стабилизации и скорости отрыва пламени в сравнении с углеводородными видами топлива.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы, включающего 32 наименования. Материал изложен на 105 страницах, содержит 63 рисунка и 3 таблицы.

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, формулируются цели и задачи диссертации, научная новизна и практическая значимость результатов работы, основные положения, выносимые на защиту, кратко изложено содержание диссертации.

В первой главе приводится анализ современного состояния исследований, посвященных свободным макро- и микроструйным течениям, макро- и микроструйным течениям в процессе диффузионного горения, а также исследованиям процессов диффузионного горения водорода при его истечении из микросопел, в частности. В данной главе собраны результаты работ по экспериментальному и численному исследованию вопроса.

Во второй главе проведено исследование диффузионного горения одиночной микроструи водорода, истекающей в затопленное воздушное пространство. В экспериментах использовалось сопло, представляющее собой тонкостенную металлическую трубку. Представлено описание экспериментальной установки, на которой проводилось исследование диффузионного горения одиночной микроструи водорода, визуализация проводилась с помощью теневого метода. В главе изложены результаты

проведенного экспериментального исследования, обнаружены основные сценарии диффузионного горения и проведено сравнение с результатами, полученными в предыдущих работах.

В третьей главе экспериментально исследуется диффузионное горение микроструи водорода, истекающей из соплового аппарата, обеспечивающего одновременную подачу воздуха из соосно расположенного кольцевого сопла таким образом, что потоки смешиваются только на выходе из соплового аппарата. В главе приведено описание экспериментальной установки, изложены результаты проведенного экспериментального исследования, обнаружены основные сценарии процесса и показан полезный практический эффект, позволяющий дополнительно стабилизировать процесс диффузионного горения при воздействии потока агрессивной среды, не поддерживающей горение на примере потока водяного пара (патент № 2727259 «Способ диффузионного горения микроструй водорода в инертной среде и устройства для его реализации»).

В четвертой главе экспериментально исследуются особенности горения спутной струи водорода в присутствии соосного потока воздуха, истекающей с дозвуковой и сверхзвуковой скоростью, о чем свидетельствует наличие сверхзвуковых ячеек в течении. В экспериментах используется тот же сопловой аппарат, обеспечивающий независимую подачу газов, что и в третьей главе, при этом изменен способ подачи водорода и воздуха. Воздух подается через круглое микросопло, водорода подается через соосно расположенное кольцевое сопло. В главе представлено описание экспериментальной установки, на которой проводилось исследование изложены результаты проведенного экспериментального исследования, выявлены основные сценарии процесса, сделаны соответствующие выводы. Обнаружен эффект запираания процесса горения сверхзвуковой струей воздуха в узкой области вблизи среза сопла.

Пятая глава посвящена исследованиям взаимодействия двух одиночных микроструй водорода в процессе диффузионного горения. Определены основные условия взаимодействия одиночных микроструй водорода, ориентированных под углом, друг относительно друга, в процессе диффузионного горения. В главе представлено описание экспериментальной установки, на которой проводилось исследование изложены результаты проведенного экспериментального исследования, сделаны соответствующие выводы.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

Научная новизна диссертационной работы состоит в том, что в диссертационной работе впервые экспериментально показана возможность стабилизации процесса диффузионного горения микроструи водорода соосным потоком воздуха, истекающим из соосно расположенной кольцевой щели, обнаружен полезный эффект позволяющий поддерживать горение при воздействии на процесс диффузионного горения потока агрессивной среды на примере водяного пара. Также обнаружены основные сценарии диффузионного горения микроструи водорода, истекающей из кольцевого

сопла. Впервые обнаружен эффект «запирания» процесса горения в узкой области конусовидной формы вблизи среза сопла при взаимодействии водорода, истекающего из кольцевого сопла, со сверхзвуковой струей воздуха, истекающей из соосно расположенного микросопла. Экспериментально показаны условия и особенности взаимодействия двух одиночных микроструй водорода, ориентированных под углом друг к другу, в процессе диффузионного горения.

Обоснованность и достоверность результатов обеспечивается использованием проверенных измерительных приборов, современных аппаратных и программных средств для обработки данных, сопоставлением и согласованием полученных результатов с известными в литературе данными и сопоставления с экспериментами других исследовательских групп.

Научная и практическая значимость работы состоит в том, что полученные экспериментальные открывают новые способы стабилизации процесса диффузионного горения микроструи водорода, что позволяет использовать полученные данные при создании горелочных устройств различного вида.

После прочтения диссертации возникли следующие замечания:

1. Обзор работ, представленный во Введении и Гл.1 диссертационной работы не в полной мере отражает исследования, выполненные ранее по тематике струйного горения водорода, выполненные другими научными группами.

2. В диссертации представлено множество иллюстраций в тоже время некоторые из них не имеют масштабных шкал (например рисунок 40, 41 из главы III, рисунки 60, 61 из главы V), что затрудняет восприятие материала.

Публикации и апробация. Результаты диссертации в полной мере отражены в публикациях автора. Всего по теме диссертации представлено 9 публикаций 6 из которых входят в рецензируемые научные журналы из перечня ВАК. Результаты диссертации неоднократно докладывались на многочисленных научных конференциях и семинарах.

Заключение

Диссертационная работа А. С Тамбовцева «Исследование сценариев диффузионного горения микроструй водорода при их взаимодействии», представленная на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 - «Механика жидкости, газа и плазмы» является законченной научной работой, выполненной на высоком научном уровне. Результаты работы широко опубликованы. Основные положения диссертационной работы отражены в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК (6 публикаций). Автореферат полно и правильно отражает содержание и суть диссертационной работы. Диссертационная работа полностью соответствует паспорту специальности 1.1.9 - «Механика жидкости, газа и плазмы» и соответствует всем критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» предъявляемых к

диссертациям на соискание степени кандидата физико-математических наук, а ее автор Тамбовцев Александр Сергеевич заслуживает присуждения ему искомой степени.

Официальный оппонент
д.ф.-м.н., профессор

Копьев В.Ф.
01 2024 г.

Место работы:

140180, г. Жуковский, ул. Жуковского 1; адрес электронной почты: vkorpiev@mktsagi.ru; наименование организации: Федеральное автономное предприятие «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФАУ «ЦАГИ»);

Должность: начальник отделения;
Адрес электронной почты: vkorpiev@mktsagi.ru;

Подпись Копьева Виктора Феликсовича заверяю

Учёный секретарь
д.т.н., доцент

С.А. Таковицкий

1

Председателю
диссертационного совета
24.1.125.01 (Д 003035.02)
академику В.М. Фомину

ЛИЧНОЕ СОГЛАСИЕ ОППОНЕНТА

Я, **Копьёв Виктор Феликсович**, даю свое согласие выступить в качестве оппонента по диссертации Тамбовцева Александра Сергеевича на тему: Исследование сценариев диффузионного горения микроструй водорода при их взаимодействии на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

О себе сообщаю:

Ученая степень, отрасли науки	Д.ф.-м.н.
Научные специальности, по которым защищена диссертация	01.02.05- механика жидкости, газа и плазмы
Ученое звание	профессор
Академическое звание	без
Тел:	+79036680729,
E-mail:	vkopiev@mktsagi.ru
Должность	начальник отделения
Подразделение организации	отделение аэроакустики и экологии ЛА
Полное наименование организации, являющейся основным местом работы	Центральный аэрогидродинамический институт им. Н.Е. Жуковского,
Ведомственная принадлежность организации	Министерство промышленности и торговли РФ
Адрес служебный: Почтовый индекс, город, улица, дом	140180, Российская Федерация, г. Жуковский, Московская область, ул. Жуковского, 1
Web-сайт организации.	http://www.tsagi.ru/
Телефон организации.	8 (495) 556-42-05
E-mail организации.	info@tsagi.ru

По теме рассматриваемой диссертации имею 10 научных работ, в том числе в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15 работ):

№	Авторы	Название статьи, журнал, год, том, №, страницы
1	Копьёв В.Ф., Быхков О.Р., Копьёв В.А., Моралев И.А., Казанский Р.Н.	Active Control of Jet–Wing Interaction Noise Using Plasma Actuators in a Narrow Frequency Band // Acoustical Physics. – 2023. – 69(2) p. 193-205.

2	Kopiev V.F. , Ershov, V.V., Khramtsov, I.V., Kustov, O.Y.	Kopiev V.F. , Ershov, V.V., Khramtsov, I.V., Kustov, O.Y. Improving the Localization Accuracy of Dipole Sound Sources Using Planar Microphone Arrays // Acoustical physics. – 2023. – 69(2) p. 206-219.
3	Victor Kopiev , Ivan Belyaev, Mikhail Zaytsev and Kun Zhao. An	Victor Kopiev , Ivan Belyaev, Mikhail Zaytsev and Kun Zhao. An Aeroacoustic Study of Full-Scale and Small-Scale Generic Landing Gear Models with Identical Geometry // Applied sciences, 13(4), 2295, 2023.
4	Kopiev, V.F. , Belyaev, I.V., Dunaevsky, A.I., Poukhov, A.A., Trofimovsky, I.L.	Kopiev, V.F. , Belyaev, I.V., Dunaevsky, A.I., Poukhov, A.A., Trofimovsky, I.L. On the Fundamental Possibility of a Supersonic Civil Aircraft to Comply with ICAO Noise Requirements Using Existing Technologies // Aerospace, 9 (4), 187, 2022.
5	Kopiev, V.F. , Zaytsev, M.Yu., Kopiev, V.A.	High-speed PIV investigation of the flow created by the model rotor in hover mode // Journal of Physics: Conference Series, 2127 (1), 012009, 2021.
6	Huang, L., Zhao, K., Liang, J., Kopiev, V. , Belyaev, I., Zhang, T. A	A numerical study of the wind speed effect on the flow and acoustic characteristics of the minor cavity structures in a two-wheel landing gear // Applied Sciences, 11 (23), 11235, 26.11.2021.
7	Kopiev, V. , Belyaev, I., Zaytsev, M., Zhao, K.	Experimental study of truncated-cylinder struts for noise reduction of large-scale landing gears // Journal of Sound and Vibration, 511, 116362, October 2021.
8	Kopiev, V.F. , Bychkov, O.P., Kopiev, V.A., Faranosov, G.A., Moralev, I.A., Kazansky, P.N.	Control of Instability Waves in an Unexcited Turbulent Jet Using Plasma Actuators in a Narrow Frequency Band // Acoustical Physics. – 2021. – 67 (4), pp. 413-420.
9	Kopiev, V. , Faranosov, G., Bychkov, O., Kopiev, V., Moralev, I., Kazansky, P.	Active control of jet-plate interaction noise for excited jets by plasma actuators // Journal of Sound and Vibration. – 2020. – 484, 115515.
10	Bychkov, O.P., Faranosov, G., Kopiev, V. , Kopiev, V.A., Moralev, I., Kazansky, P.	Plasma-based active closed-loop control of instability waves in unexcited turbulent jet. Part 2. installed jet. (2019) 25th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, AIAA Paper 2019-2558

Не являюсь членом экспертного совета ВАК

Согласен на включение моих персональных данных в аттестационное дело соискателя и их дальнейшую обработку.

Дата 06.12.2023

I

Копьев В.Ф.
(милия имя отчество оппонента)

Подпись В.Ф. Копьева удостоверяю

Начальник Московского комплекса ЦАГИ

«__» _____ 2023г.