

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.125.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ  
И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ ИМ. С.А. ХРИСТИАНОВИЧА  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 29.10.2021 № 17

О присуждении Литвиненко Юрию Алексеевичу, гражданину РФ, учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Экспериментальные исследования неустойчивости пограничного слоя, струйных течений и микроструйного горения» по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы принята к защите 2 июля 2021 г. (протокол № 12) диссертационным советом 24.1.125.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИТПМ СО РАН), 630090, Новосибирск, ул. Институтская, 4/1, утвержденным приказом Рособнадзора от 16.11.2007 г. №2249-1603 и продлением срока полномочий приказом Минобрнауки России от 10.09.2009 (№591925-1734), подтверждением полномочий от 11.04.2012 (№105/нк) и изменениями от 08.06.2016 (№ 661/нк), от 3.08.2018 (№59/нк), и от 15.10.2021 (№1046/нк).

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Исследование развития и управления вторичной неустойчивостью продольной структуры в пограничных слоях» защитил в 2006 году в диссертационном совете, созданном на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук, работает в должности старшего научного

сотрудника в лаборатории «Аэрофизические исследования дозвуковых течений» ФГБУН ИТПМ СО РАН.

Диссертация выполнена в лаборатории «Аэрофизические исследования дозвуковых течений» ФГБУН ИТПМ СО РАН.

**Научный консультант** – доктор физико-математических наук Грек  
Генрих Рувимович, главный научный сотрудник лаборатории «Аэрофизические исследования дозвуковых течений» ФГБУН ИТПМ СО РАН.

**Официальные оппоненты:**

Баутин Сергей Петрович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры «Высшая и прикладная математика» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»» Снежинский физико-технический институт», г. Снежинск;

Ершов Игорь Валерьевич, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры математики и физики Новосибирского государственного аграрного университета, г. Новосибирск;

Копьев Виктор Феликсович, доктор физико-математических наук, профессор, начальник отделения Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный аэрогидродинамический институт им. профессора Н.Е. Жуковского», г. Жуковский

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН в своем положительном отзыве, подписанном Алексеенко Сергеем Владимировичем, академиком РАН, председателем семинара «Физическая гидродинамика»,

указала, что «... Представленная диссертационная работа является законченным научным исследованием, а полученные результаты соответствуют поставленным целям и задачам, носят как фундаментальный

так и прикладной характер. Работа выполнена на высоком научном уровне, удовлетворяет всем критериям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемых к докторским диссертациям, а ее автор Литвиненко Юрий Алексеевич заслуживает присуждения ему искомой степени.»

Соискатель имеет **98 опубликованных работ** в рецензируемых журналах, в том числе по теме диссертации опубликовано 65 работ, из них 60 входят в перечень рекомендованных ВАК. Вклад автора в опубликованных работах состоит в постановке задач, подготовке и проведении экспериментальных исследований, обработке и трактовке полученных данных, написании статей. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Chernoray V.G., Grek G.R., Kozlov V.V., Litvinenko Y.A. Spatial hot-wire visualization of the  $\Lambda$ -structure transformation into the turbulent spot on the smooth flat plate surface and riblet effect on this process // Journal of Visualization. 2010. Vol. 13, No. 2. P. 151–158.

В работе описываются экспериментальные исследования развития  $\Lambda$ -вихря и его трансформации в турбулентное пятно в пограничном слое плоской пластины.

2. Литвиненко Ю.А., Грек Г.Р., Козлов В.В., Козлов Г.В. Дозвуковая круглая и плоская макро- и микроструи в поперечном акустическом поле // Доклады РАН. 2011. Т. 436, № 1. С. 47–53.

В работе обсуждаются результаты экспериментальных исследований механизма развития неустойчивости струйных течений при малых числах Рейнольдса в поперечном акустическом поле.

3. Kozlov V.V., Grek G.R., Litvinenko Yu.A., Kozlov G.V., Litvinenko M.V. Round and plane jets in a transverse acoustic field // Journal of Engineering Thermophysics. 2011. Vol. 20, No. 3. P. 272–289.

В работе представлены результаты экспериментальных исследований по развитию бифуркации в круглой микроструе и синусоидальной неустойчивости в плоской микроструе.

4. Козлов В.В., Грек Г.Р., Катасонов М.М., Коробейничев О.П., Литвиненко Ю.А., Шмаков А.Г. Структура пламени при горении пропана в круглой и плоской микроструе в поперечном акустическом поле при малых числах Рейнольдса // Доклады РАН. 2014. Т. 459, № 5. С. 562–566.

В работе описываются результаты исследований диффузионного струйно-факельного горения пропана, истекающего через плоское и круглое микросопла при внешнем акустическом воздействии.

5. Козлов В.В., Грек Г.Р., Коробейничев О.П., Литвиненко Ю.А., Шмаков А.Г. Горение истекающей в воздух высокоскоростной микроструи водорода // Доклады РАН. 2016. Т. 470, № 2. С. 166–171.

В работе обсуждаются результаты исследования диффузионного струйно-факельного горения водорода истекающего из микросопла, представлены различные сценарии формирования факела.

**На диссертацию поступили отзывы:**

**Ведущей организации ФГБУН ИТ СО РАН.** Отмечается новизна исследований, детальное изучение устойчивости круглых и плоских макро- и микроструйных течений, механизма развития и взаимодействия кольцевых вихрей с полосчатыми структурами, влияния граничных и начальных условий на эволюцию струй и акустического воздействия на них, подробные исследования особенностей влияния профиля скорости на срезе сопла и воздействия акустического сигнала на устойчивость и характеристики развития макро- и микроструй. Высказаны следующие замечания: 1. В диссертации представлено множество иллюстраций, но большинство из них не имеет масштабных шкал, что заметно затрудняет восприятие материала. 2. В работе выполнен большой объем экспериментальных исследований с различными параметрами струй, но недостаточно внимания уделено сравнению полученных результатов. На чем основываются утверждения о значительном отличии свойств макро- и микроструй? 3. Автор использует различные термины при обозначении одних и тех же мод неустойчивости:

«варикозная» – она же симметричная или «синусоидальная» – она же несимметричная.

**Официального оппонента д.ф.-м.н. Копьева В.Ф.** Указывается, что диссертационная работа Литвиненко Ю.А. является законченной научной работой, выполненной на высоком научном уровне. Результаты работы широко опубликованы. 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 докторским диссертациям, а ее автор Литвиненко Ю.А. заслуживает присуждения ему искомой степени. Имеются замечания: 1. Обзор работ, представленный во Введении и Гл.1 не в полной мере отражает исследования, выполненные ранее по струйной тематике другими научными группами. 2. Не указан способ измерения величины акустического давления. 3. Не вполне ясно, каким образом диагностировано наличие спиральной неустойчивости микроструи, если автор проводит измерения однопиточным термоанемометром?

**Официального оппонента д.ф.-м.н. Баутина С.П.** Отмечается многообразие использованных методик при проведении исследований. Экспериментальные методы достоверны и многократно апробированы. Полученные в диссертации результаты логичны и физически непротиворечивы. Имеются некоторые замечания: 1. Желательно, чтобы в работе было большее сравнение полученных в диссертации результатов с другими теоретическими результатами в исследуемом направлении. 2. Использование многочисленных терминов требует более четкого их разграничения.

**Официального оппонента д.ф.-м.н. Ершова И.В.** Отмечаются некоторые недочеты: 1. Неточность в описании схемы шлирен-метода (стр. 37), 2. Отсутствие ссылок на упоминаемые работы по механизму воспроизводства турбулентности (стр. 42). 3. Показатель степени в законе Кинга является не экспоненциальной функцией, как пишет автор, а показательной. Не указаны также значения, которые могут принимать величины  $k_1$  и  $k_2$  в различных

экспериментах (стр. 48, 71, 101–102, 125) 4. Отсутствует комментарий автора о том, что определяет количество «лепестков», на которые расщепляется факел. (стр. 242). 5. Желательно получить комментарий автора по поводу того, сохранится ли расщепление факела, если использовать метан, водород или распыленное в атмосфере жидкое топливо (например, бензин), и если да, то каковы причины расщепления факела пламени. 6. Хотелось бы получить комментарий автора по поводу ослабления или отсутствия восприимчивости струи к внешнему акустическому воздействию при уменьшении коэффициента избытка топлива. 7. Не отмечен личный вклад соискателя; имеется ряд опечаток (стр. 13, 34, 40, 230, 249).

#### **Отзывы на автореферат:**

**Д.ф.-м.н. Палецкого Александра Анатольевича**, ведущего научного сотрудника лаборатории кинетики процессов горения Института химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского. Отзыв положительный. Отмечается новизна полученных научных результатов, теоретическая и практическая значимость. Замечания: 1. О необходимости уточнения того факта, что присоединенный факел не восприимчив именно к акустическому воздействию «умеренной» интенсивности (стр. 25). 2. Об излишестве в использовании словосочетаний «кинетическое горение» и «горение предварительно перемешанной смеси» (стр. 25).

**Д.т.н. Ларичкина Владимира Викторовича**, профессора, заведующего кафедрой инженерных проблем экологии Новосибирского государственного технического университета. Отзыв положительный. «В качестве замечания, следует отметить, что из автореферата не ясна история вопроса. Нет ни одного упоминания о научных школах или ученых, внесших существенный вклад в это важное направление исследований как у нас в стране, так и за рубежом.»

**Д.ф.-м.н. Рудяка Валерия Яковлевича**, профессора кафедры теоретической механики Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета. Отзыв положительный. Отмечается, что «...Автореферат позволяет в полной мере оценить физическую значимость полученных

результатов. В этом смысле недоумение вызывает то, что автор не попытался кратко и внятно сформулировать цель диссертационной работы, ограничившись лишь перечислением решаемых задач...».

**Д.т.н. Молочникова Валерия Михайловича**, ведущего научного сотрудника лаборатории гидродинамики и теплообмена Института энергетики и перспективных технологий Федерального бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр РАН»». Отзыв положительный. Замечания: 1. Об отсутствии в большинстве случаев числа Рейнольдса. 2. О справедливости выводов главы 6 для различных соотношений скорости струи и сдвигового потока. 3. О необходимости дополнения рис.5.1 профилями пульсаций продольной компоненты скорости.

**Д.ф.-м.н. Шалаева Владимира Ивановича**, профессора кафедр информатики и вычислительной математики, теоретической и прикладной аэрогидромеханики МФТИ, доцента. Отзыв положительный. Замечания отсутствуют.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются признанными высокопрофессиональными специалистами в областях непосредственно связанных с темой диссертации: д.ф.-м.н. Копьев В.Ф. – специалист по неустойчивости вихревых течений, теоретической и экспериментальной аэроакустике; д.ф.-м.н. Баутин С.П. – специалист в области дифференциальных уравнений с частными производными и их приложений к решению задач газовой динамики; д.ф.-м.н. Ершов И.В. – специалист в области гидродинамической устойчивости и турбулентности, кинетической теории газов, физико-химических процессов, математическом моделировании. Ведущая организация Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе – один из крупнейших научных центров фундаментальных и прикладных исследований по теории теплообмена и физической гидрогазодинамике; теплофизическим свойствам веществ, теплофизическим основам создания энергетических и энергосберегающих технологий и установок нового поколения.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**установлена** прямая связь неустойчивости пристенных (пограничный слой) сдвиговых течений и свободных сдвиговых течений (макро – и микроструй) в виде развивающейся синусоидальной или варикозной неустойчивости. **установлены** принципиальные отличия в динамике развития неустойчивости макро- и микроструй.

**разработана** научная концепция описания динамики развития затопленных струйных течений с диффузионным горением при различных числах Рейнольдса и начальных условиях;

с использованием модифицированного термоанемометрического метода пространственно-временной визуализации **выявлены** качественно новые особенности развития бифуркации в микроструйных течениях;

**предложен** механизм взаимодействия осесимметричных кольцевых вихрей и полосчатых структур в круглой струе с «ударным» профилем скорости на срезе сопла с образующимися локальными азимутальными выбросами газа, интенсифицирующими процесс смешения струи с окружающим газом и последующий ее распад;

впервые экспериментально **показано** отличие в восприимчивости внешних акустических колебаний для круглой и плоской микроструй. Установлено, что ориентация плоскости бифуркации круглой микроструи зависит от положения источника акустических колебаний, тогда как для плоской микроструи ориентация определяется положением большей стороны сопла;

впервые экспериментально **получена** бифуркация диффузионного факела при горении круглой и плоской микроструй пропана при воздействии акустического поля.

**Теоретическая значимость** исследования обоснована тем, что:

– впервые на основе полученных соискателем данных пространственно-временной термоанемометрической визуализации доказано существование спиральной неустойчивости при развитии бифуркации микроструйного



течения, что может быть использовано для верификации методов расчета;

- применительно к проблематике диссертации соискателем результативно использован набор существующих базовых методик, а также представлена модифицированная методика пространственно-временной термоанемометрической визуализации.

**Значение** полученных соискателем результатов исследования для **практики** подтверждается тем, что:

- когерентные вихревые структуры развивающиеся в струйных течениях различной геометрии имеют определяющее влияние на интенсивность процессов теплопереноса;
- новые результаты о развитии неустойчивости при микроструйном истечении можно использовать при проектировании систем энергетического оборудования.

**Оценка достоверности** результатов исследования выявила:

- использование различных отработанных методик измерения скорости и многократную воспроизводимость полученных данных;
- согласование полученных результатов с данными, полученными другими научными группами в пересекающейся области параметров.

**Личный вклад** соискателя состоит в непосредственном получении научных результатов, вошедших в диссертационную работу, участии в отладке экспериментальных установок, отработке методик, а также в усовершенствовании метода термоанемометрической визуализации, разработке алгоритмов обработки и получении трехмерного представления данных, участии в обсуждении полученных результатов и подготовке основных публикаций.

Критических замечаний в ходе защиты диссертации высказано не было.

На заседании 29 октября 2021 г. диссертационный совет принял решение за исследования неустойчивости пограничного слоя, струйных течений и диффузионного горения при микроструйном истечении, совокупность которых можно квалифицировать, как крупное научное достижение в области механики

жидкости газа и плазмы, присудить Литвиненко Ю.А. ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человек, из них 12 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвующих в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, против – 1, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель

диссертационного совета

Фомин Василий Михайлович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Гапонов Сергей Александрович

9 ноября 2021г.