



УТВЕРЖДАЮ

директор ИТ СО РАН, академик

Маркович Д.М.

8 июля 2026 г.

М.П.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕРМОФИЗИКИ ИМ С.С.КУТАТЕЛАДЗЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК

По диссертации Пономарева Андрея Артемьевича «Численное исследование ламинарного пламени в условиях возмущения слабым электрическим полем» на соискание ученой степени кандидата наук по научной специальности 1.3.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника». Диссертация выполнена в Лаборатории суперкомпьютерных вычислений и искусственного интеллекта в энергетических технологиях ИТ СО РАН. В 2021г. соискатель ученой степени окончил магистратуру НГУ по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия. В период с 01.09.2021 по 31.08.2025 обучался в аспирантуре Новосибирского государственного университета, научный руководитель: Дулин Владимир Михайлович, в.н.с. лаборатории Физических основ в энергетических технологиях ИТ СО РАН, профессор, д.ф.-м.н.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

- 1. Актуальность темы:** определяется необходимостью систематического детального численного исследования физических механизмов возмущения ламинарного пламени дисперсной фазой топлива и слабым электрическим полем для разработки методов управления процессами горения в энергетических установках.
- 2. Цель работы:** является численное исследование структуры и скорости распространения ламинарного пламени в условиях возмущений внешним слабым электрическим полем и при наличии капель топлива различного размера.

Поставлены и решены следующие задачи:

1. Реализация и отладка математического метода расчета термохимической структуры пламени и моделирования его динамики в условиях внешнего воздействия слабого электрического поля с учетом ионной химии, а также наличия дисперсной фазы.
2. Исследование влияния размера капель на осредненную структуру, поле температуры и скорость потока для пламени Бунзена монодисперсной газокapельной смеси модельного углеводородного топлива (этанола) с воздухом.
3. Математическое моделирование плоского пламени метановоздушной смеси в условиях воздействия слабого постоянного электрического поля для различных соотношений топливо-окислитель. Анализ влияния напряженности поля и модели диффузии газовых компонент на термохимическую структуру пламени и величину электрического тока.
4. Исследование влияния слабого поперечного электрического поля на конусообразное метановоздушное пламя Бунзена. Анализ физико-химических механизмов при деформации пламени и локальном увеличении скорости его распространения.

3. Научная новизна основных положений, результатов и выводов, полученных в диссертации:

1. Впервые установлена немонотонная зависимость осредненной скорости распространения фронта пламени газокapельной взвеси от размера монодисперсных капель топлива. Установлено влияние размера монодисперсных капель на осредненную структуру фронта пламени газокapельной смеси.
2. Впервые методом прямого численного моделирования в двумерной постановке исследовано влияние слабого продольного электрического поля на структуру плоского пламени метановоздушной смеси. Установлено влияние электрического поля на величину ионного тока. Установлено влияние моделей диффузии на точность описания структуры фронта пламени при воздействии внешнего продольного электрического поля.
3. Впервые численно описан эффект деформации пламени Бунзена при воздействии поперечного электрического поля. Описан эффект увеличения скорости распространения в области максимальной кривизны у вершины пламени. Впервые численным методом продемонстрировано экранирование электрического поля внутри конуса пламени.

4. Теоретическая и практическая значимость работы:

Полученные в ходе численных исследований данные обладают большим потенциалом и значительно расширяют понимание процессов изменения структуры фронта горения при возмущениях пламени каплями топлива и внешним электрическим полем. Полученные данные могут служить основой для разработки новых методов управления режимами

горения и подавления неустойчивостей в силовых установках. Результаты исследований могут служить основой для разработки новых устройств стабилизации пламени и распыла топлива.

5. Степень достоверности результатов:

Достоверность полученных в работе результатов обеспечивается комплексным подходом, сочетающим валидацию численных результатов по надежным и апробированным экспериментальным методам исследования, таких как ОН PLIF, PIV, экспериментально измеренным величинам электрического тока насыщения и вольтамперным характеристикам. Все начальные и граничные условия устанавливались в соответствии с данными натурных экспериментов. Методики, используемые в исследовании, зарекомендованы и популярны в научной литературе. Результаты были сопоставлены с другими работами из этой области. Также достоверность результатов подтверждается публикациями в строго рецензируемых научных журналах.

6. На защиту выносятся:

1. Немонотонная зависимость средней скорости распространения пламени от размера монодисперсных капель для пламени газокпельной этаноловоздушной смеси. Механизм достижения оптимальной скорости распространения пламени в газокпельном монодисперсном потоке этаноловоздушной смеси для богатых режимов горения пламени.
2. Эффект увеличения скорости распространения пламени метановоздушной смеси в области наибольшей кривизны фронта конусного пламени под воздействием электрического поля. Возникновение нескомпенсированного положительного заряда в продуктах реакции за фронтом конусного пламени метановоздушной смеси.
3. Эффект экранирования электрического поля внутри ламинарного конусного пламени Бунзена метановоздушной смеси при воздействии внешнего электрического поля.

7. Личный вклад автора:

Соискатель лично получил научные результаты, включенные в диссертацию для защиты. Вклад автора заключался в создании математических моделей учета динамики пламени во внешнем слабом электрическом поле, валидации численных моделей, проведении численных исследований, анализе полученных данных и подготовке научных статей. Постановка задачи и основные методы исследования сформулированы руководителем диссертационной работы д.ф.-м.н. В.М. Дулиным.

8. Список работ автора по тематике диссертации, опубликованных в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК:

1. **Ponomarev A. A.**, Sharaborin D. K., Khrebtov M. Yu, Mullyadzhanov R. I., Dulin V. M. Numerical study of ethanol suspension combustion in air //Combustion, Explosion, and Shock Waves. – 2023. – V. 59. – №. 2. – P. 129-136.
2. **Пономарев А. А.**, Хребтов М. Ю., Мулляджанов Р. И., Дулин В. М. Численное моделирование конусного пламени газокапельной взвеси этанола в воздухе. Сравнение с горением газовой смеси //Физика горения и взрыва. – 2025. – Т. 61. – №. 3. – P. 6-13.
3. **Пономарев А. А.**, Хребтов М. Ю., Мулляджанов Р. И., Дулин В. М. Численное исследование эффекта увеличения скорости распространения пламени этанола в дисперсной среде // Сборник трудов XVII Всероссийской конференции «Актуальные вопросы теплофизики и физической гидрогазодинамики». – 2023. – P. 102-106.
4. **Пономарев А. А.**, Мулляджанов Р. И., Дулин В. М. Моделирование Бунзеновского Пламени Метана в слабом поперечном электрическом поле // Горение и взрыв. 2025. – Т. 18. – No. 2. – P. 3–12.
5. **Пономарев А. А.**, Мулляджанов Р. И., Дулин В. М. Численное исследование структуры пламени газовой смеси и газокапельной взвеси при одинаковой скорости распространения пламени в богатых режимах // Proceedings of the 10th international seminar on flame structure, Novosibirsk. 2023. – P173-178.
6. **Пономарев А.А.**, Черепанов А.В., Мулляджанов Р.И., Дулин В.М. Моделирование плоского пламени метановоздушной смеси в продольном электрическом поле // Теплофизика и аэромеханика. 2025. – Т. 32. – P. 1089-1094
7. **Ponomarev A. A.** Sharaborin D. K., Mullyadzhanov R. I., Dulin V. M. Experimental and numerical investigation of a weak DC electric field effects on a premixed Bunsen flame //Combustion and Flame. – 2026. – V. 291. – P. 115124.
8. **Ponomarev A.**, Mullyadzhanov R. Validation of the Simplified and Detailed Models of Mixed Polymer Combustion in a Small Fire in a Cargo Compartment //Fire. – 2025. – V. 8. – №. 10. – P. 403.

9. Апробация работы:

Результаты исследований неоднократно обсуждались на конференциях и семинарах: «2d International Conference on Physics and Chemistry of Combustion and Processes in Extreme Environments» (2022, Самара); «XXXIX Сибирский теплофизический семинар» (2023, Новосибирск); «10th International Seminar on Flame Structure» (2023, Новосибирск); «16-ая Ежегодная научная конференция отдела горения и взрыва ФИЦ ХФ РАН» (2023, Москва); XXIV школа семинар «Проблемы газодинамики и тепломассообмена в энергетических установках» (2023, Казань); «Горение топлива: теория, эксперимент и приложения» (2024, Новосибирск); «1-st Sino-Russia Workshop om Low-Carbon/Low-Emission Combustion for Gas

Turbine Applications» (2025, Шанхай); «2-nd Sino-Russia Workshop on Low-Carbon/Low-Emission Combustion for Gas Turbine Applications» (2025, Новосибирск); «XLI Сибирский теплофизический семинар» (2025, Новосибирск); «IX Всероссийская конференция по задачам со свободными границами» (2026, Новосибирск).

10. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите:

Работа вносит вклад в исследования процессов переноса в многофазных системах с фазовыми переходами и, поэтому, её содержание соответствует специальности 1.3.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

11. Решение о рекомендации к защите:

Диссертация соответствует критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом о науке и государственной научно-технической политике. Диссертация Пономарева Андрея Артемьевича «Численное исследование ламинарного пламени в условиях возмущения слабым электрическим полем» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 1.3.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника». Настоящее заключение подготовлено на основании решения Секции Ученого совета по научному направлению **Теплофизические основы энергетики (включая горение)**.

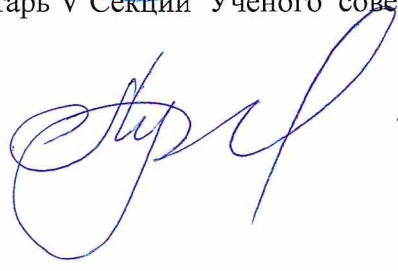
Присутствовало на заседании _14 человек, в том числе _1 академик РАН, 1_чл.-корр. РАН, _8 докторов наук, _4 кандидатов наук.

Председатель Секции V Ученого Совета,

академик РАН  Алексеев С.В.

Секретарь V Секции Ученого совета,

к.т.н.

 Лукашов В.В.

«_8_» июля 2026 г.