

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.150.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТА ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКИ И ГОРЕНИЯ
ИМ. В. В. ВОЕВОДСКОГО СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 08.04.2026, № 3

О присуждении Князькову Денису Анатольевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация **«Кинетика и механизмы газофазного горения углеводородов и кислородсодержащих органических соединений в ламинарном пламени»** в виде рукописи по специальности 1.3.17 – «химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества» принята к защите 24 декабря 2025 г., протокол № 15, диссертационным советом 24.1.150.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук (ИХКГ СО РАН), Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 630090, г. Новосибирск, ул. Институтская, д. 3, приказ о создании диссертационного совета № 1511/нк-от 25.11.2016 года.

Соискатель, **Князьков Денис Анатольевич**, 1980 года рождения, на момент защиты диссертации работает в должности старшего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химической кинетики и горения им. В.В.Воеводского СО РАН (ИХКГ СО РАН). В 2003 году соискатель окончил Новосибирский государственный университет. С 2001 года Князьков Д.А. работает в ИХКГ СО РАН. В 2006 году соискатель защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему «Структура и предельные явления предварительно перемешанных и диффузионных

метаноокислородных пламен при атмосферном давлении с добавками фосфорорганических соединений», в диссертационном совете, созданном на базе ИХКГ СО РАН.

Диссертация выполнена в лаборатории кинетики процессов горения ИХКГ СО РАН.

Официальные оппоненты

доктор физико-математических наук, доцент **Аязов Валерий Николаевич**, директор Самарского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (СФ ФИАН), г. Самара,

доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН **Якуш Сергей Евгеньевич**, директор, главный научный сотрудник лаборатории термогазодинамики и горения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук (ИПМех РАН), г. Москва,

доктор физико-математических наук **Власов Павел Александрович**, главный научный сотрудник лаборатории окисления углеводородов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (ФИЦ ХФ РАН), г. Москва,

дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН), г. Москва, в своём **положительном отзыве**, подписанном доктором физико-математических наук, заведующим лабораторией неравновесных процессов (№19) **Ерёминым Александром Викторовичем**, утверждённом директором ОИВТ РАН, академиком РАН **Петровым Олегом Федоровичем**, указала, что данная диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, в том числе отвечает критериям п. 9 «Положения о

присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (в текущей редакции), а ее автор, Князьков Денис Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

В положительном заключении ведущей организации имеются замечания (1) о необходимости более строгого подхода к оценке расхождений между экспериментальными и расчетными профилями концентраций радикалов Н, ОН, СН₃, С₃Н₃, (2) об отсутствии количественного анализа вклада перекрестных реакций с участием первичных продуктов деструкции в смесях н-гептан/толуол, (3) об отсутствии внимания к оценке влияния неопределенностей термодинамических и транспортных параметров кислородсодержащих соединений на результаты расчета структуры пламени, (4) об описании разработанными моделями измеренных профилей концентраций радикалов в процессах воспламенения за ударными волнами, (5) о влиянии примеси ацетона при работе с ацетиленом на результаты измерений концентрации ацетилена в пламени.

Соискатель имеет 79 научных работ (из них 24 по теме диссертации), опубликованных в отечественных и международных рецензируемых научных изданиях, входящих в список ВАК, а также получены два свидетельства о регистрации баз данных. Личный вклад соискателя в опубликованные работы составляет примерно 80%.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Dmitriev, A.M. Propylene Oxide Addition Effect on the Chemical Speciation of a Fuel-Rich Premixed *n*-Heptane/Toluene Flame / A.M. Dmitriev, K.N. Osipova, **D.A. Knyazkov**, A.G. Shmakov // ACS Omega – 2022. – Vol. 7. – № 50. – P. 46900–46914.
2. Ma, S. Revisit laminar premixed ethylene flames at elevated pressures: A mass spectrometric and laminar flame propagation study / S. Ma, X. Zhang, A.

- Dmitriev, A. Shmakov, O. Korobeinichev, B. Mei, Y. Li, **D. Knyazkov** // Combustion and Flame – 2021. – Vol. 230. – P. 111422.
3. Dmitriev, A.M. Laminar flame structure of ethyl pentanoate at low and atmospheric-pressure: Experimental and kinetic modeling study / A.M. Dmitriev, K.N. Osipova, A.G. Shmakov, T.A. Bolshova, **D.A. Knyazkov**, P.A. Glaude // Energy – 2021. – Vol. 215. – P. 119115.
 4. Dakshnamurthy, S. Experimental Study and a Short Kinetic Model for High-Temperature Oxidation of Methyl Methacrylate / S. Dakshnamurthy, **D.A. Knyazkov**, A.M. Dmitriev, O.P. Korobeinichev, E.J.K. Nilsson, A.A. Konnov, K. Narayanaswamy // Combustion Science and Technology – 2019. – Vol. 191. – № 10. – P. 1789–1814.
 5. **Д.А. КНЯЗЬКОВ** Экспериментальное и численное исследование кинетики химических реакций в пламени синтез-газа H_2/CO при давлении $1 \div 10$ атм / Д.А. Князьков, Т.А. Большова, А.М. Дмитриев, А.Г. Шмаков, О.П. Коробейничев // Физика горения и взрыва – 2017. – Т. 53. – № 4. – С. 23–33.
 6. **Knyazkov, D.A.** Photoionization mass spectrometry and modeling study of a low-pressure premixed flame of ethyl pentanoate (ethyl valerate) / D.A. Knyazkov, I.E. Gerasimov, N. Hansen, A.G. Shmakov, O.P. Korobeinichev // Proceedings of the Combustion Institute – 2017. – Vol. 36. – № 1. – P. 1185–1192.
 7. **Knyazkov, D.A.** Structure of premixed $H_2/O_2/Ar$ flames at 1–5 atm studied by molecular beam mass spectrometry and numerical simulation / D.A. Knyazkov, A.M. Dmitriev, T.A. Bolshova, V.M. Shvartsberg, A.G. Shmakov, O.P. Korobeinichev // Proceedings of the Combustion Institute – 2017. – Vol. 36. – № 1. – P. 1233–1240.
 8. **Д. А. КНЯЗЬКОВ** Исследование структуры пламени топливной смеси н-гептан/толуол методом молекулярно-пучковой масс-спектрометрии и компьютерного моделирования / Д. А. Князьков, Н.А. Славинская, А.М. Дмитриев, А.Г. Шмаков, О.П. Коробейничев, У. Ридель // Физика горения и взрыва – 2016. – Т. 52. – № 2 – С. 21–34.

9. Dmitriev, A.M. The effect of methyl pentanoate addition on the structure of premixed fuel-rich n-heptane/toluene flame at atmospheric pressure / A.M. Dmitriev, **D.A. Knyazkov**, T.A. Bolshova, A.G. Shmakov, O.P. Korobeinichev // Combustion and Flame – 2015. – Vol. 162. – № 5. – P. 1964–1975.
10. Dmitriev, A.M. Structure of CH₄/O₂/Ar flames at elevated pressures studied by flame sampling molecular beam mass spectrometry and numerical simulation / A.M. Dmitriev, **D.A. Knyazkov**, T.A. Bolshova, A.G. Tereshchenko, A.A. Paletsky, A.G. Shmakov, O.P. Korobeinichev // Combustion and Flame – 2015. – Vol. 162. – № 10. – P. 3946–3959.

На автореферат диссертации поступило 10 отзывов. Все отзывы положительные, 8 из них содержат замечания. Отзывы поступили от:

доктора физико-математических наук, профессора **Голуба Виктора Владимировича**, руководителя лаборатории физической газовой динамики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН);

доктора технических наук, доцента **Гурьянова Александра Игоревича**, и.о. директора Института авиационных технологий и инженерной физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева», и доктора технических наук **Евдокимова Олега Анатольевича**, профессора кафедры общей и технической физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева»;

доктора физико-математических наук, профессора **Кузнецова Геня Владимировича**, профессора Научно-образовательного центра И.Н. Бутакова Инженерной школы энергетики Федерального государственного автономного

образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ФГАОУ ВО НИ ТПУ);

доктора физико-математических наук, профессора, члена-корреспондента РАН **Стрижака Павла Александровича**, профессора Научно-образовательного центра И.Н. Бутакова, заведующего лабораторией теплообмена Национального исследовательского Томского политехнического университета;

доктора физико-математических наук **Карпова Александра Ивановича**, главного научного сотрудника ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», и кандидата физико-математических наук **Шаклеина Артема Андреевича**, старшего научного сотрудника ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук»;

доктора физико-математических наук, профессора **Козлова Виктора Владимировича**, заведующего лабораторией агрофизических исследований дозвуковых течений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук (ИТПМ СО РАН);

доктора физико-математических наук, профессора РАН **Дулина Владимира Михайловича**, заведующего лабораторией физических основ энергетических технологий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН), и кандидата физико-математических наук **Толстогузова Романа Владимировича**, младшего научного сотрудника лаборатории физических основ энергетических технологий ИТ СО РАН;

доктора физико-математических наук, доцента **Лободы Егора Леонидовича**, заведующего кафедрой физической и вычислительной

механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»;

кандидата физико-математических наук **Футько Сергея Ивановича**, старшего научного сотрудника ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси» и доктора физико-математических наук, академика **Пенязькова Олега Глебовича**, директора ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси»;

доктора технических наук, члена-корреспондента РАН, профессора **Яновского Леонида Самойловича**, начальника отдела «Двигатели и химмотология» Федерального автономного учреждения «ЦИАМ им. П.И. Баранова»

В отзывах на автореферат имеются замечания: (1) об отсутствии в автореферате схем и фотографий горелок и опытных стендов; об отсутствии графиков для профилей мольной доли NO_2 H_2O_2 ; о необходимости пояснения наличия максимума мольной доли углеводородных интермедиатов при 3 атм; о мелком шрифте в легендах на некоторых рисунках; о целесообразности приведения количественных характеристик и параметров в резюмирующей части автореферата (**д.т.н. Гурьянов А.И., д.т.н. Евдокимов О.А.**); (2) о недостатке в автореферате количественных сопоставлений экспериментальных данных с расчетами и слишком кратком изложении вопросов влияния зондовых возмущений при повышенных давлениях (**д.ф.-м.н. Дулин В.М., к.ф.-м.н. Толстогузов Р.В.**); (3) об использовании в расчетах заданного температурного профиля, что не всегда применимо в практических задачах; о неудобном представлении графиков на рисунке 9 (следовало совместить измеренные и расчетные данные) и наличии опечатки в подписи к оси абсцисс; о неясности из автореферата критериев оптимизации сокращенного механизма для ДМЭ (**к.ф.-м.н. Шаклеин А.А., д.ф.-м.н. Карпов А.И.**); (4) о представлении экспериментальных данных

только в виде графических иллюстраций без построения математических моделей исследованных процессов (**д.ф.м.н. Кузнецов Г.В.**); (5) о недостаточном обосновании в автореферате выбора механизмов из литературы для сравнения с экспериментальными данными (**д.ф.м.н. Лобода Е.Л.**); (6) о недостаточной конкретизации защищаемых положений, об отсутствии четкого описания границ применимости разработанных механизмов по температурам, давлениям и составам смесей, а также о неясности из автореферата практического внедрения результатов (**д.ф.-м.н. Стрижак П.А.**); (7) об узком интервале давлений, в котором проведены исследования и о том, что не уделено внимание изучению ряда соединений, типичных для термохимического преобразования углеводородного топлива (**д.т.н. Л.С. Яновский**); (8) о недостаточном объяснении физических причин сужения зоны горения при добавке пропиленоксида и об отсутствии пояснений о принципе структурной аналогии (**к.ф.-м.н. С.И. Футько, д.ф.-м.н. О.Г. Пенязьков**).

В положительных отзывах оппонентов имеются следующие замечания, вопросы и пожелания:

Аязов В.Н. отметил (1) отсутствие в диссертации первичных масс-спектрометрических данных и (2) основных характеристик масс-спектрометра (разрешение, чувствительность, диапазон масс); (3) недостаточное обоснование причин, по которым не удалось обнаружить полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) в пламенах; (4) некорректность утверждения о неприменимости ВУФ-лазеров для однофотонной ионизации; (5) наличие опечаток в тексте.

Власов П.А. отметил (1) несоответствие между декларируемым в работе вниманием к ПАУ и саже и фактическим отсутствием экспериментальных данных по ПАУ на большинстве рисунков; (2) обратил внимание на недостаточное объяснение причин, по которым не удалось измерить концентрации ПАУ в пламенах; (3) указал на отсутствие пояснений

касательно количественной модели превращения ПАУ в сажевые частицы; (4) высказал замечание о нераскрытой роли высших полиинов в образовании зародышей сажи и отсутствии соответствующих реакций в механизме; (5) указал на отсутствие в диссертации комментариев к работе Johansson et al. (Science, 2018) о механизме образования зародышей сажи.

Якуш С.Е. обратил внимание (1) на отсутствие прямого сопоставления полученных экспериментальных данных с данными других авторов; (2) указал, что из текста не вполне ясно, предпринимались ли попытки скорректировать механизм для пропиленоксида; (3) отметил отсутствие анализа чувствительности мономолекулярного распада сложных эфиров к константам скорости реакций, заимствованных из литературных источников; (4) обратил внимание, что из текста не ясно, был ли модифицированный в работе механизм C3Mech проверен на других экспериментальных данных.

Во всех отзывах отдельно отмечается, что указанные замечания не снижают научной и практической значимости диссертационной работы. Все отзывы заканчиваются выводом, что диссертационная работа Князькова Д.А. **полностью соответствует** требованиям, которые ВАК предъявляет к докторским диссертациям, а её автор – Князьков Д.А. – заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью оппонентов и сотрудников ведущей организации в области химической физики, кинетики и механизмов газофазного горения, экспериментального и численного исследования реагирующих газов, что подтверждается наличием у них публикаций ряда научных работ в данной области исследований, в том числе соответствующих тематике диссертационного исследования соискателя и опубликованных в ведущих российских и международных журналах и изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Экспериментально подтверждены закономерности влияния давления (1–5 атм) на кинетику образования промежуточных продуктов горения (включая атомы Н, О и радикалы ОН, НО₂) в пламенах водорода, смесей Н₂/СО, ряда низших углеводородов и их смесей с водородом.

- Предложены и экспериментально подтверждены уточненные детальные химико-кинетические механизмы окисления ключевых интермедиатов, образующихся в пламенах углеводородов и играющих важную роль в образовании предшественников сажи.

- Экспериментально подтверждены химико-кинетические механизмы окисления в условиях пламени ряда кислородсодержащих органических соединений с эфирными и сложноэфирными группами.

- Установлен механизм действия добавок кислородсодержащих органических соединений с различными функциональными группами (гидроксильной, эфирной и сложноэфирной) на процессы образования предшественников ПАУ и сажи в богатых углеводородных пламенах.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что было получено большое количество экспериментальных данных о структуре пламен различных топлив как при атмосферном, так и при повышенных давлениях. Это позволяет рассматривать результаты диссертационной работы как обширную базу экспериментальных данных для тестирования, уточнения и разработки химико-кинетических механизмов превращения различных соединений в пламени. Полученные экспериментальные результаты позволили усовершенствовать детальные механизмы горения углеводородов, установить ключевые элементарные стадии окисления кетена, ацетилена, этилена и пропилена – основных интермедиатов, образующихся при горении углеводородных топлив. Разработанные механизмы горения сложных эфиров расширяют фундаментальные знания о влиянии функциональных групп на процессы окисления топлив во фронте пламени.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики определяется тем, что разработанные химико-кинетические механизмы могут быть интегрированы в системы компьютерного проектирования для моделирования процессов горения в камерах сгорания и прогнозирования образования вредных выбросов при создании двигателей и энергетических установок с улучшенными экологическими и эксплуатационными характеристиками.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что: *сделанные выводы и полученные научные результаты основаны на применении современных экспериментальных методов и теоретических подходов; проведены детальные экспериментальные измерения и сопоставление полученных результатов с известной совокупностью экспериментальных и теоретических данных. Соискателем подробно изучен предыдущий опыт и достижения других авторов, проведены многие дополнительные эксперименты и расчёты, подтверждающие надежность и достоверность полученных в диссертации результатов; установлено хорошее согласие с достоверными результатами, опубликованными в литературе.*

Личный вклад соискателя состоит в анализе литературы по теме диссертации, подготовке и проведении экспериментальной работы, включая руководство экспериментальной деятельностью соавторов, выполнении расчетов и постановке задач соавторам для проведения численного моделирования, а также анализе и обобщении полученных результатов и подготовке публикаций.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченное исследование с актуальными задачами и содержательными, фундаментальными и практически важными результатами. Материалы диссертации соответствуют требованиям специальности 1.3.17 - химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества (п. 1 "экспериментальные методы исследования химической структуры и динамики химических превращений и п. 6 "строение, структура

и реакционная способность интермедиатов химических реакций").
Соискатель Князьков Д.А. успешно ответил на все задаваемые ему в ходе заседания вопросы из зала, на замечания оппонентов, ведущей организации и в отзывах на автореферат. Соискатель согласился со всеми техническим замечаниями и пожеланиями, по научным вопросам были даны аргументированные и четкие ответы.

На заседании 08 апреля 2026 г. диссертационный совет постановил: за решение научной проблемы, связанной с разработкой и верификацией механизмов газофазного горения при атмосферном и повышенных давлениях ряда низших углеводородов и кислородсодержащих органических соединений в ламинарном пламени, имеющей важное практическое значение, присудить *Князькову Денису Анатольевичу* учёную степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 14 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании и голосовании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени - 20, против присуждения учёной степени - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель диссертационного совета

д-р хим. наук, доцент

Онищук Андрей Александрович

Ученый секретарь диссертационного совета,

канд. хим. наук

Поздняков Иван Павлович

«10» апреля 2026 г.