



УТВЕРЖДАЮ

Директор по науке и  
стратегическим проектам  
Национального исследовательского  
Томского политехнического  
университета

Гоголев А.С.  
2026 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Диссертация «Влияние добавок на седиментационную устойчивость и характеристики термической конверсии композиционных жидких топлив из отходов угольной и нефтяной промышленности» по специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника выполнена в научно-образовательном центре И.Н. Бутакова Инженерной школы энергетики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Соискатель Романов Даниил Сергеевич 1997 года рождения, в 2025 году окончил аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по направлению 13.06.01 Электро- и теплотехника.

Основное место работы соискателя – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», инженер-исследователь ИШЭ.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов по истории и философии науки (технические науки), иностранному языку (английский) и специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника выдана в 2024 году федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Тема диссертационной работы утверждена решением научно-технического совета Инженерной школы энергетики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» от 25.11.2024, протокол №14.

Научный руководитель: Стрижак Павел Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, основное место работы: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», НОЦ И.Н. Бутакова, инженерная школа энергетики, профессор, член-корреспондент РАН, назначен приказом № 237- 32/с от «25» августа 2021 г.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

## **Общая характеристика работы**

Диссертация Романова Даниила Сергеевича представляет законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены результаты экспериментальных и численных исследований, совокупность которых можно квалифицировать как новые научные достижения в области зажигания и горения композиционных жидких топлив. Полученные результаты экспериментальных исследований и сформулированные выводы обладают единством изложения. Оформление и стиль написания диссертации отвечают требованиям, предъявляемым к научно-квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук.

## **Актуальность темы исследования**

Традиционные ископаемые топлива (газ, нефть, уголь) являются базовыми источниками получения тепловой и электрической энергии в мире. В последние годы в мировом сообществе наблюдается изменение вектора развития технологий выработки энергии. Возрастает количество вводимых в эксплуатацию установок на возобновляемых источниках энергии, мощности которых не позволяют полноценно заменить традиционные тепловые станции, а также работа которых зависит от внешних климатических условий. Традиционные энергогенерирующие установки, работающие на ископаемом топливе, остаются одними из основных агрегатов для получения тепловой и электрической энергии. Все более актуальной становится проблема исчерпаемости энергоресурсов. В связи с увеличением численности населения и удовлетворения их потребностей требуется добывать и перерабатывать огромные объемы ископаемых топлив, а открытие новых месторождений является довольно трудоемким и финансово затратным процессом. В ходе работы предприятий по добыче и переработке возникают определенные сложности: отчуждение земель, ухудшение экологической обстановки и высокая стоимость переработки формируемых отходов. Решение данных проблем подразумевает комплексный подход по созданию альтернативных топлив, которые по своим свойствам не только приближены к традиционным источникам энергии, но и по некоторым показателям будут превосходить их. Создание альтернативных топлив в последние годы является одним из перспективных методов утилизации уже накопленных и вновь формируемых отходов угольной, нефтехимической, сельскохозяйственной, текстильной и других отраслей промышленности [6, 7]. Поскольку складирование, захоронение, слив и прямое сжигание являются малоэффективными методами обращения с такими типами отходов, то переработка требует серьезных финансовых затрат и модернизации имеющихся технологических процессов. Альтернативные композиционные топлива представляют двух-, трех- или многокомпонентные смеси на основе отходов (угольные и нефтяные шламы и др.) с добавлением воды, отработанных технических жидкостей (отработанные индустриальные масла, техническая вода, углеводородное топливо), биоконпонентов (растительные масла и метиловые эфиры жирных кислот), поверхностно-активных веществ (стабилизаторы, диспергаторы, полимерные добавки) и др. Все эти компоненты могут оказывать влияние на физико-химические свойства и характеристики горения композиционных топлив. Кроме сжигания и выработки тепловой и электрической энергии композиционные топлива могут использоваться в реакторах термохимической конверсии для получения полезных продуктов пиролиза и газификации. Данный подход к использованию таких топлив является интересным вследствие достижения высоких от-

носительных энергетических, экологических, экономических, эксплуатационных индикаторов. Отсутствие до настоящего времени апробированных технических решений с композиционными топливами мотивировало данное исследование.

#### **Связь работы с научными программами и грантами**

Диссертационные исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда, 18-73-00013, «Определение эффективных условий зажигания и сжигания композиционных топлив на основе промышленных отходов для улучшения энергетических и экологических индикаторов работы энергетических объектов». Гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Соглашение № И-23-075-67362-1-0409, проект «Фундаментальные исследования процессов горения и детонации применительно к развитию основ энерготехнологий» х/д № 14.03-187/2023. Грант Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Соглашение № И-23-075-67362-1-0409, проект «Фундаментальные исследования процессов горения и детонации в перспективных технологиях энергетики и двигателестроения».

#### **Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации**

Личный вклад автора состоит в планировании экспериментальных исследований, выборе методов и средств регистрации определяемых параметров, проведении экспериментов и обработке полученных результатов, оценке систематических и случайных погрешностей, анализе и обобщении полученных экспериментальных данных, разработке рекомендаций по использованию результатов диссертационного исследования.

#### **Степень достоверности результатов проведенных исследований**

Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается оценками систематических и случайных погрешностей измеряемых величин, а также использованием высокоточного современного оборудования и программно-аппаратных комплексов.

#### **Новизна результатов проведенных исследований**

По результатам экспериментов, стендовых испытаний и теоретических исследований установлены основные характеристики процессов зажигания и горения, транспортировки и хранения композиционных топлив в условиях вариативности компонентного состава, способа подачи и влияния внешних факторов. С применением разработанных экспериментальных методик на базе высокоскоростной регистрирующей аппаратуры и бесконтактных оптических методов диагностики изучены закономерности и условия зажигания капель композиционных топлив при интенсивном нагреве, а также условия хранения и транспортировки. Установлены режимы зажигания и горения капель топлив при нагреве. Определены временные характеристики процессов зажигания и горения капель композиционных топлив. Зарегистрированы основные концентрации антропогенных выбросов выделяемых при горении композиционных топлив в условиях радиационного теплообмена и на пилотных установках. Установлены масштабы влияния компонентного состава и количества капель на времена задержки зажигания и длительности горения композиционных топлив с жидкими добавками. Проведена многофакторная оценка и технологический расчет перевода котельных агрегатов на новые альтернативные топлива с учетом модернизации про-

изводства, амортизационных затрат и затрат на производство композиционных жидких топлив.

### **Практическая значимость диссертации и использование полученных результатов**

Полученные экспериментальные и теоретические результаты, а также сформулированные заключения являются научными основами для разработки и модернизации перспективных технологий сжигания композиционных топлив, а также развития и совершенствования существующих. К ним относятся: топливные технологии, а именно топочные устройства и дизельные двигатели (использование новых видов топлива на основе воды и горючих компонентов для совместного улучшения экологических, энергетических и экономических характеристик).

### **Апробация результатов исследования**

Основные положения и результаты диссертационных исследований докладывались и обсуждались на следующих конференциях:

1. II Всероссийская с международным участием конференция "Бутаковские чтения", 2022 г.;
2. III Всероссийская с международным участием конференция "Бутаковские чтения", 2023 г.;
3. XVII Всероссийская (IX Международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Энергия-2022", 2022 г.
4. XXVII Международный молодежный научный симпозиум имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», 2022 г.;
5. XXVIII Международный молодежный научный симпозиум имени академика М.А. Усова, посвященный 125-летию со дня рождения академика Академии наук СССР, профессора К.И. Сатпаева и 130-летию со дня рождения члена-корреспондента Академии наук СССР, профессора Ф.Н. Шахова «Проблемы геологии и освоения недр», 2023 г.;
6. Всероссийская конференция «XXXIX Сибирский теплофизический семинар», посвященная 90-летию академика А.К. Реброва, 2023г.
7. XVII Минский международный форум по теплообмену, 2024 г.
8. Всероссийская конференция «XL Сибирский теплофизический семинар», посвященная 110-летию со дня рождения академика С. С. Кутателадзе и 300-летию Российской академии наук, 2024 г.
9. XII Всероссийская конференция с международным участием «Горение топлива: теория, эксперимент, приложения», 2024 г.

### **Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем**

1. Romanov D.S., Dorokhov V. V., Vershinina K. Y., Strizhak P. A. Stabilized fuel slurries based on fine coal slime: Rheology, combustion and feasibility study // Fuel. - 2024 - Vol. 356, Article number 129560. - p. 1-14. doi: 10.1016/j.fuel.2023.129560.
2. Piskunov M. V., Romanov D.S., Strizhak P. A. Stability and rheology of carbon-containing composite liquid fuels under subambient temperatures // Energy. - 2023 - Vol. 278, Part A, Article number 127912. - p. 1-12. doi: 10.1016/j.energy.2023.127912.
3. Romanov D.S., Vershinina K.Y., Dorokhov V.V., Strizhak P.A. Rheology, ignition, and combustion performance of coal-water slurries: Influence of sequence and methods of

mixing // Fuel. - 2022 - Vol. 322, article number 124294. - p. 1-16. doi: 10.1016/j.fuel.2022.124294.

4. Kuznetsov G.V., Romanov D.S., Vershinina K.Y., Strizhak P. A. Rheological characteristics and stability of fuel slurries based on coal processing waste, biomass and used oil // Fuel. - 2021 - Vol. 302, Article number 121203. - p. 1-11. doi: 10.1016/j.fuel.2021.121203.

5. Piskunov M.V., Romanov D.S., Verkhodanov D.A., Strizhak P.A. Low Reynolds number carbon-containing composite liquid fuel pipeline transportation under sub-ambient and subzero temperatures // Chemical Engineering Research and Design. - 2024 - Vol. 203. - p. 547-559. doi: 10.1016/j.cherd.2024.02.014.

6. Piskunov M.V., Romanov D.S., Strizhak P.A., Yanovsky V.A. Individual and synergistic effects of modifications of the carrier medium of carbon-containing slurries on the viscosity and sedimentation stability // Chemical Engineering Research and Design. - 2022 - Vol. 184. - p. 191-206. doi: 10.1016/j.cherd.2022.06.005.

7. Vershinina K. Y. , Dorokhov V. V. , Romanov D. S., Nyashina G. S. , Kuznetsov G. V. Multi-criteria efficiency analysis of using waste-based fuel mixtures in the power industries of China, Japan, and Russia // Applied Sciences. - 2020 - Vol. 10 - №. 7, Article number 2460. - p. 1-21. doi: 10.3390/app10072460.

8. Vershinina K. Y., Dorokhov V. V., Romanov D. S., Strizhak P. A. Multiple-Criteria Analysis of Energy Utilization of Coal, Oil and Plant Waste in the Composition of Fuel Mixtures // Combustion, Explosion and Shock Waves. - 2022 - Vol. 58 - № 4. - p. 481-489. doi: 10.1134/S0010508222040116.

9. Romanov D. S., Vershinina K. Y., Strizhak P. A. Ignition and Combustion of a Group of Waste-Derived Fuel Slurry Droplets: Mutual Influence upon Low-Temperature Convective Heating // Fuel. - 2023 - Vol. 348, Article number 128578. - p. 1-14. doi: 10.1016/j.fuel.2023.128578.

#### **Соответствие содержания диссертации избранной специальности**

Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой и соответствует паспорту специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника:

Пункт 6. Экспериментальные исследования, физическое и численное моделирование процессов переноса массы, импульса и энергии в многофазных системах и при фазовых превращениях.

Пункт 7. Экспериментальные и теоретические исследования процессов совместного переноса тепла и массы в бинарных и многокомпонентных смесях веществ, включая химически реагирующие смеси.

**Диссертация** «Влияние добавок на седиментационную устойчивость и характеристики термической конверсии композиционных жидких топлив из отходов угольной и нефтяной промышленности» Романова Даниила Сергеевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника

Заключение принято на заседании научного семинара научно-образовательного центра И.Н. Бутакова инженерной школы энергетики.

Присутствовало на заседании 9 чел. Результаты голосования: «за» 9 – чел., «против» 0 – чел., «воздержалось» 0 – чел., протокол № 13 от «23» января 2026 г.

Председатель научного семинара  
Кузнецов Гений Владимирович,  
д.ф.-м.н., профессор,  
профессор НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ



подпись

Секретарь заседания  
Савостьянова Людмила Викторовна,  
к.т.н., заведующий лабораторией ОО ИШЭ,  
старший преподаватель НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ



подпись

И. о. ученого секретаря ТПУ  
Новикова Валерия Дмитриевна



подпись

