

## УТВЕРЖДАЮ

Исполняющий обязанности министра  
жилищно-коммунального хозяйства и  
энергетики Новосибирской области

Е.Г. Назаров

(инициалы и фамилия)

«02» 08 2024 г.

## СОГЛАСОВАНО

Министр науки и инновационной политики  
Новосибирской области

В.В. Васильев

(инициалы и фамилия)

«02» августа 2024 г.

Конкурс по приоритетному направлению направлению деятельности Российского научного фонда «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» (региональный конкурс)

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на выполнение проекта фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований и технологической разработки (включая научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы, опытно-конструкторские разработки) (далее – проект) в целях решения приоритетной отраслевой задачи

«Разработка технологий сжигания местных видов топлива:

- 1) Сжигание отсевов и отходов антрацита
- 2) Сжигание местных локальных твердых коммунальных отходов»

(указывается задача из Перечня приоритетных отраслевых задач с учетом имеющихся компетенций научных и образовательных организаций высшего образования, расположенных на территории Новосибирской области, утвержденному Губернатором Новосибирской области 15.05.2023)

Новосибирск 2024 год

**Требования к проекту, выполняемому в целях решения приоритетной отраслевой задачи**

	<p>Наименование проекта: «Разработка технологий сжигания местных видов топлива: 1) Сжигание отсевов и отходов антрацита 2) Сжигание местных локальных твердых коммунальных отходов»</p>
1.	<p>Проект реализуется по направлению<sup>1</sup>: Высокоэффективная и ресурсосберегающая энергетика.</p>
1.1	<p>Конкретная задача (задачи) в рамках проблемы, на решение которой направлен проект, ее масштаб и комплексность: 1) Определить местные виды топлива, доступные для использования на территории Новосибирской области; 2) Оценить потенциал этих видов топлива для использования при сжигании для производства тепловой энергии; 3) Разработать новые технологии сжигания этих местных видов топлива с минимальным воздействием на окружающую среду; 4) Оценить эффективность и экономическую целесообразность использования местных видов топлива для производства тепловой энергии; 5) Определить потенциальные барьеры и решения для широкого внедрения местных технологий сжигания топлива; 6) Предоставить рекомендации органам местного самоуправления по использованию местных видов топлива для сжигания при производстве тепловой энергии.</p>
2.	<p><b>Актуальность и практическая значимость (научная ценность) проекта:</b> Энергетика является одной из основных отраслей промышленности обеспечивающее комфортное и современное существование человека. В последние десятилетия взято направление на развитие чистой и возобновляемой энергетики [1]. В 2023 году инвестиции в возобновляемую энергетику составили 1740 миллиардов USD, при этом в ископаемое топливо 1050 миллиардов USD [2]. Однако возобновляемая энергетика не может полностью обеспечить человечество энергией, доля солнечной и ветровой энергии 10,8 % [3]. Последние несколько лет в энергетическом секторе наблюдается кризис, связанный с изменением в международных отношениях, что привело к росту использования угля [4]. На данный момент доля угля в общей выработке энергии составляет 36 % [5]. Основным способом получения энергии из угля является факельное сжигание на теплоэлектростанциях. В настоящее время разрабатываются, и осваиваются новые энергоэффективные и экологически более чистые технологии сжигания угля. К числу таких технологий можно отнести технологии, основанные на механоактивной и термохимической подготовке топлива к сжиганию. Активное применение данных технологий возможно на угольных котельных и ТЭС, где можно выделить две основных проблемы [6,7]. Первая – это высокая чувствительность процесса горения к свойствам используемых углей. При переходе к рыночной экономике возникли новые проблемы взаимоотношения между электростанциями и угольными предприятиями: даже небольшие по мощности ТЭЦ, не говоря уже о крупных ГРЭС, вынуждены закупать топливо у множества поставщиков. Получение топлива однородного состава в этом случае практически исключено. В связи с тем, что котлы спроектированы на топливо совершенно конкретных качественных характеристик, электростанции испытывают серьезные технологические трудности при сжигании</p>

<sup>1</sup> Указывается одно из направлений, предусмотренных Указом Президента РФ от 18.06.2024 N 529 "Об утверждении приоритетных направлений научно-технологического развития и перечня важнейших научных технологий".

непроектного твердого топлива. Ряд угольных бассейнов в Сибири отличается как большим разнообразием углей по маркам, так и значительным колебанием качественных характеристик угля в пределах одной марки углей. В первую очередь это относится к влажности, зольности и “производной” от них калорийности. При этом необходимо отметить, оборудование электростанций Востока России изначально не было приспособлено к сжиганию топлива с отклонениями по качеству в широком диапазоне относительно проектного. На ТЭЦ также существует практика использования смешенного сжигания углей различных качественных характеристик. Смешению топлива не уделяется необходимое внимание, что приводит к неоднородности распределения топлива, в последствии влияющее на стабильность процесса горения в пылеугольном котле.

Вторая – это необходимость сжигания огромного количества дополнительного топлива (мазут, керосин) для розжига и поджигки пылеугольного факела котлов. Совместное сжигание угля с мазутом, практикующееся на пылеугольных ТЭС, приводит к заметному возрастанию мехнедожога топлива, снижению КПД котлов и надежности работы котельного оборудования, повышению выбросов оксидов азота, серы и пентаоксида ванадия. Отсюда очевидна необходимость снижения доли мазута при розжиге и поджигке пылеугольного факела на пылеугольных котлах ТЭС [8].

Таким образом актуальным является исследование механохимических методов на стадии подготовки топлива к сжиганию, улучшить физико-химические характеристики топлива воздействием на него высоконапряжённого излучением, и плазмохимических методов интенсификации горения.

[1] Fragkos P. Exploring Model-Based Decarbonization and Energy Efficiency Scenarios with PROMETHEUS and TIAM-ECN / P. Fragkos, F.D. Longa, E. Zisargou, B.V. Zwaan, A. Giannousakis, A. Fatahi // *Energies*. — 2023 — Vol. 16. P. 6421.

[2] IEA. Available online: <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2023> (accessed on 25 May 2023).

[3] Enerdata. Available online: <https://yearbook.enerdata.net/renewables/wind-solar-share-electricity-production.html> (accessed on 06 July 2023).

[4] Loewen V. Coal, green growth and crises: Exploring three European Union policy responses to regional energy transitions. // *Energy Research & Social Science*. — 2022. — Vol. 93. — P. 102849.

[5] IEA. Available online: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022> (accessed on April 4, 2023).

[6] Messerle V. E. et al. Plasma preration of coal to combustion in power boilers // *Fuel Processing Technology*. — 2013. — Т. 107. — С. 93-98.

[7] Vurdukov A. P. et al. Autothermal combustion of mechanically-activated micronized coal in a 5 MW pilot-scale combustor // *Fuel*. — 2014. — Т. 122. — С. 103-111.

[8] Glushkov D. O. et al. Experimental study of coal dust ignition characteristics at oil-free start-up of coal-fired boilers // *Applied Thermal Engineering*. — 2018. — Т. 142. — С. 371-379.

2.1 Соответствие предлагаемого проекта общеполезным целям создания технологических условий для социально-экономического развития региона, форма последующего практического использования результатов проекта организацией-партнером:

В настоящее время (по данным фонда энергосбережения НСО) в области функционирует 920 объектов с котлоагрегатами, в том числе муниципальных. Причем само количество потенциальных потребителей со временем будет только возрастать в связи с текущей ситуацией на рынке и требованиями «энергетической стратегии России», которая подразумевает переход на

	<p>современные технологии производства энергии. Как известно Новосибирская область входит в число стремительно развивающихся регионов России. Основными загрязнителями воздушного бассейна области по данным Новосибирскстата являются предприятия, занимающиеся производством и распределением электроэнергетики. Ими было выброшено более половины (64,5 %) общего количества вредных выбросов.</p> <p>В данной работе на основе экспериментальных исследований и численного моделирования, разработки достоверных кинетических моделей горения и применение современных методов измерения рабочего процесса в модельных и реалистичных условиях будет создан научный задел для совершенствования технологии воздушной и паровоздушный газификации угольного топлива в поточных газификаторах и последующего сжигания получаемого синтез-газа.</p> <p>Интерес к разработкам подобного типа, в том числе непосредственно к предлагаемому проекту, имеется у предприятий реального сектора экономики, крупные инженеринговые предприятия энергетической отрасли Новосибирска заявили о своей заинтересованности в разработках по данному проекту (ООО «ЗиО КОТЭС» и АО «Сибтехэнерго»).</p>
3.	<p><b>Цель и содержание работ (общие):</b></p> <p>Целью исследования является разработка научных основ создания новых энергоресурсоэффективных экологически безопасных технологий использования и переработки углеродсодержащего топлива различных характеристик. Проект направлен на комплексное решение задач по увеличению эффективности и стабильности сжигания углеродсодержащих топлив, а также расширения топливной базы существующих тепловых электростанций и котельных Новосибирской области. Для достижения поставленной цели будет решен комплекс взаимосвязанных задач:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Экспериментальные исследования кинетических характеристик процессов массообмена и химических реакций для углеродсодержащего топлива Новосибирской области, в зависимости от минерального состава, влажности, выхода летучих, калорийности, дисперсности, с учетом влияния механической активации топлива.</li> <li>- Исследование потокового одно- и двухступенчатого сжигания углеродсодержащего топлива с оценкой влияния: стехиометрического соотношения топливо-воздух; механохимической и электрохимической активации; изучение распределений температуры и концентрации газа по сечению камеры реагирования.</li> <li>- Исследование процесса композитообразования двух видов топлива с различными химическими и механическими свойствами (например, каменного угля и биомассы) и изучение дальнейшего сжигания композитного топлива в полупромышленных котлах.</li> <li>- Оценка эффективности и экономической целесообразности использования углеродсодержащего топлива Новосибирской области с упором на разработанные технологии сжигания и газификации.</li> </ul> <p>- Выдача рекомендаций по созданию и применению разработанных технологий сжигания на территории Новосибирской области.</p>
3.1	<p>Целевые параметры, которые ставятся в качестве ожидаемых результатов проекта для получения технологий/материала/оборудования/программы с требуемыми характеристиками (параметрами) научно-технической продукции: Основными целевыми параметрами являются показания эффективности процесса сжигания и экологичности. Сжигание должно проходить на всей протяженности стэнда с поддержанием стабильного режима сжигания и отсутствием аварийных ситуаций.</p> <p>Для оценки эффективности и экологичности сжигания будет измеряться химический недожег топлива, остаток горючих в золе и в дымовых газах. Важным параметром является компактность и стоимость представленных решений для оценки экономической эффективности, желательный срок окупаемости не должен превышать 4-5 лет.</p>

Текущий уровень зрелости технологии (разработки, результатов исследований):

Основными компетенциями научного коллектива являются экспериментальные исследования на различных установках и стендах ИТ СО РАН для лабораторного моделирования процессов в реальных горелочно-топочных устройствах (оснащенных необходимыми современными оборудованием и обеспеченных надежными и высокоэффективными измерительными методиками), в рамках которых получены важные результаты как фундаментального (в том числе – полученные в рамках выполнения проектов РФФИ, РНФ, ФЦП и др., и опубликованные в ведущих научных журналах), так и прикладного характера (защитенные патентами РФ на изобретения, а также полученные в рамках выполнения НИР по договорам с организациями).

Создан огневой стенд для исследования процессов сжигания твердого топлива с плазменным инициированием горения. Получены сравнительные данные по горению и газификации угольного топлива, измельченного на высоконапряженных мельницах типа дезинтегратор и виброцентробежный на стенде тепловой мощностью 1 МВт. Проведены экспериментальные исследования по воспламенению, горению и газификации пылевзвеси углей 2-х степеней помола (механоактивированного и после ШБМ) в двухступенчатом горелочном устройстве производительностью до 1 тонн/час с ЗЗУ стартом применительно к процессам горения и газификации с оптимизацией расходов пылеугольного топлива [Аваимов, Н. А., Ватаков, Е. В., Витюков, А. Р., Осипов, Р. В., & Ружиков, А. Ф. (2020). Investigation of air-blown two-stage entrained-flow gasification of micromized coal. Fuel, 271, 117487.].

Проведены исследования по сжиганию водоугольного топлива на промышленном горелочном устройстве, подтверждена возможность использования ВУТ на промышленных котлах с использованием форсуноки разработанной в ИТ СО РАН [Shadgin, E. Y., Anufriev, I. S., Butakov, E. V., Koruev, E. P., Alexseenko, S. V., Maltsev, L. I., & Shagurov, O. V. (2021). Coal-water slurry atomization in a new pneumatic nozzle and combustion in a low-power industrial burner. Fuel, 303, 121182.]. Проведены экспериментальные исследования воздушной и паровоздушной газификации с ЗЗУ и плазменным стартом механоактивированных углей микропомола, и приведено сопоставление с расчётными данными. Изучены процессы воспламенения, горения и газификации механоактивированного угольного топлива различной степени метаморфизма в вихревом горелочном устройстве тепловой мощностью до 5 МВт при различных избытках воздуха, расходах топлива и условиях зажигания, было проведено исследование устойчивости горения пылеугольного факела в холодном пространстве.

Получены фундаментальные данные о процессах, происходящих при механохимическом получении и последующем сжигании композитного порошкового топлива из угля и лигноцеллюлозных отходов деревообрабатывающих, целлюлозно-бумажных производств и сельского хозяйства. Изучены ранее неисследованные процессы получения композитных частиц порошкового топлива из лигноцеллюлозы и угля [Investigation of the e Kuznetsov, A., Butakov, E., & Lomovsky, I. (2023). Investigation of the effect of sawdust-coal composite formation on the processes of ignition, combustion and thermal decomposition of the obtained fuel samples. Interfacial Phenomena and Heat Transfer, 11(2)., Kuznetsov, A. V., Butakov, E. V., & Abdurakirov, S. S. (2024). Ignition and thermal decomposition of solid organic fuel: The influence of activation, deactivation, and composite formation. Case Studies in Thermal Engineering, 53, 103950.].

Проведены экспериментальные исследования факельного диффузионного горения газа при различных соотношениях СН<sub>4</sub>/N<sub>2</sub> и постоянном расходе угля. Получены кривые уноса диффузионного пламени, для различных диаметров сопла. Увеличение диаметра сопла приводит к уменьшению минимального значения на диаграмме Re от расхода горючего газа, при котором

возможно устойчивое горение, также наблюдается незначительное уменьшение значения на диаграмме Re от расхода горючего газа при подаче угля. Получены профили средней аксиальной и тангенциальной компонент скорости, для поперечных сечений. Проведена регистрация флуоресценции ОН для анализа положения и динамики фронта пламени.

Разработаны экспериментальные методики зондового отбора газовых проб из фронта пламени с дальнейшим масс-спектрометрическим и хроматографическим анализом. Имеется большой задел по разработке и применению химико-кинетических механизмов горения для описания и предсказания глобальных характеристик пламен, таких как скорость горения, тепловыделение в разных зонах пламени, состав продуктов горения и др. Получены экспериментальные данные по химической и тепловой структуре пламен углеводородов, синтез-газа, простых и сложных эфиров при субатмосферном, атмосферном и повышенных давлениях. На основе полученных данных проверены и уточнены деталиные и скелетные кинетические механизмы окисления данных соединений. Предложенные в ряде работ механизмы горения углеводородов и оксигенатов могут быть использованы для построения скелетного механизма горения продуктов газификации угля, что необходимо для практически важных расчётов.

Впервые разработан и применен алгоритм сверточной нейронной сети для автоматического определения характерных размеров и траектории вихревых структур в реагирующем потоке. Разработана модель искусственной нейронной сети, которая позволяет достаточно точно рассчитывать термодинамические кривые углей, измельченные в различных мельницах, определять коэффициент потери угольной массы воспроизводить основные эффекты влияющих параметров процесса. Впервые разработан и применен алгоритм нейронной сети для идентификации характерных режимов горения угольного факела на укрупненном полупромышленном стенде на основе потоковых видеоданных и временных рядов датчиков. Данная технология может способствовать повышению автоматизации выработки энергии, оптимизации режимов работы котельного оборудования на крупных электростанциях.

За полученные результаты молодые участники научного коллектива были удостоены премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники для молодых ученых за 2021 год.

За последние 5 лет часть научного задела создана коллективом при выполнении следующих проектов:

- Договор на НИР с ООО «КОТЭС – Инновационные Технологии» (2022-2023) Низкоэмиссионная пылеугольная горелка с плазменным воспламенителем, специализированным источником питания и системой автоматического управления
- Договор на НИР с ООО «Бонэр» (2023) «Разработка автоматической системы оптимизации процесса горения угольных котельных, на основе датчика водорода»
- Договор на НИР с ОАО ТКЗ "Красный котельщик" (2019-2020) «Исследование физико-химических процессов воспламенения и выгорания твердого топлива, его теплотехнических характеристик, концентрации вредных выбросов, анализе уноса и шлака на стендах лабораторного и полупромышленного масштаба»
- Договор на НИР с ПАО "Татнефть" (г. Альметьевск) «Горелочное устройство для сжигания жидких топлив в присутствии перегретого водяного пара с целью утилизации обводненной нефти» (2022).
- Крупный научный проект «Фундаментальные исследования процессов горения и детонации применительно к развитию основ энерготехнологий» (Соглашение от 29.09.2020 № 075-15-2020-806, 2020-2022).
- Мегагрант под руководством К. Маркидеса (№ 075-15-2019-1888, 2019-2021).

- РФФ 22-29-20280 (2022-2023) Разработка автоматической системы инициирования и поддержания горения пылеугольных котлов. (2022-2023)

- РФФ 19-79-00147 (2019-2021) Экспериментальное и численное исследование физико-химических процессов при газификации угольного топлива с механохимической активацией применительно к энергетике и получению топливного газа.

- Грант Правительства Новосибирской области молодым ученым (2023) Разработка и исследование технологий энергоэффективной переработки углеродосодержащих низкосортных топлив и отходов в Новосибирской области

- Грант Правительства Новосибирской области молодым ученым (2019-2020) «Разработка экологически чистой технологии факельного сжигания углей и отходов в энергетических котлах.»

- РФФИ 18-38-00416 мол\_а (2018-2019). Разработка экологически чистой технологии факельного сжигания углей и отходов их переработки в энергетических котлах с использованием электрoхимической активации углей

- РФФИ 18-48-543015 р\_мол\_а (2018-2019). Разработка технологии автоматизации систем управления технологическими процессами сжигания топлива на теплоэлектростанциях методами машинного обучения.

Полученные ранее участниками проекта научные результаты, являющиеся заданием по теме проекта, опубликованы в высокорейтинговых журналах, индексируемых в базах Web of Science и Scopus, в т.ч. Q1.

По тематике проекта успешно защищена Бутаковым Е.Б. диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Исследование горения жидкого топлива в условиях паровой газификации» - 2017 г.;

В составе коллектива 4 кандидата наук, 1 аспирант очной формы обучения и 2 студента очной формы обучения.

Имеющийся у коллектива опыт и научный задел обеспечивают успешное выполнение проекта и получение результатов мирового уровня.

3.3

Наличие доступа к инфраструктуре (технологическим площадкам), лабораторным, экспертным, конструкторским, испытательным и/или сертификационным возможностям организации-партнера:

Для выполнения экспериментальной части проекта будет использован ряд имеющихся стендов ИТ СО РАН для исследования горения в вихревых камерах. В проекте планируется использовать огневые установки лабораторного масштаба с уменьшенной тепловой мощностью, входящие в состав УНУ «Крупномасштабный термодинамический стенд для исследования тепловых и газодинамических характеристик энергоустановок» (ТТД комплекс ИТ СО РАН, №73570, www.skr-gf.ru).

Стенды включают в себя специальные дезинтеграторные устройства для измельчения и активации твердого топлива с контролируемой дисперсностью. Экспериментальный стенд плазменной газификации твердого топлива мощностью.

Коллектив ИТ СО РАН обеспечен материально-технической базой для проведения планируемых исследований, имеется возможность использования научного оборудования и уникальных научных установок ЦКП «Механика» в ИТ СО РАН, обеспечен непосредственный доступ к информационным ресурсам (научно-техническая библиотека ИТ СО РАН, ГПНТБ СО РАН, рабочие места подключены к локальной сети ИТ СО РАН с выходом в Интернет), а также доступ к необходимой инженерной инфраструктуре (магистраль сжатого воздуха, системы вентиляции и оборотного водоснабжения) и к имеющейся опытно-производственной базе ИТ СО РАН.

Перечень основного научного оборудования, стендов и др. необходимой техники, которым располагают исполнители проекта:

Уникальное современное оборудование по определению характеристик топлив. Прибор синхронный термический анализатор

	<p>STA 449F1 Juriter®, совмещенном с квадрупольным масс-спектрометром QMS 403D Aeolos® (NETZSCH, Германия) (СТА), который включает в себя одновременное проведение термogravиметрических определений (TG), дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и масс-спектрометрического анализа (АВГ-МС). Квадрупольный масс-спектрометр Niden НРР-60 с молекулярно-пучковой системой отбора пробы. Квадрупольный масс-спектрометр МС-7302 с перестраиваемым источником мягкой ионизации (8-20±0,25 эВ).</p> <p>— Газоанализатор TESTO 350 (пр-во Германия, 2015 г.). Необходим для измерения состава продуктов сгорания. Комплектность: управляющий модуль, блок анализатора (оснащен сенсором O<sub>2</sub>), сенсор CO (с N<sub>2</sub>-компенсацией) 0...500 ppm, сенсор NO, 0...300 ppm; сенсор NO<sub>2</sub> 0...500 ppm, сенсор SO<sub>2</sub> 0...5000 ppm, сенсор CO<sub>2</sub> (NDIR) 0...50 об. %, разрешение 0,01 об. %, принцип ИК-измерения, вкл. измерение абсолютного давления, мониторинг уровня заполнения конденсатосборника и абсорбирующий фильтр CO<sub>2</sub> с наполнителем, блок пробоподготовки Пельтье, клапан автоматической продувки свежим воздухом (для долгосрочных измерений), включая расширение диапазона измерения с фактором разбавления 5 для всех сенсоров, программное обеспечение EasyEmission, зонд отбора пробы, модульный, со спец. шлангом для измер. NO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub>, фикс. конусом, термопарой Ni-Cr-Ni (ТТ), длина трубки зонда 180 мм, Ø 8 мм, Tmax 500°С, длина шланга 2.2 м; трубка Пито, нержав. сталь, длина 350 мм, для измер. скорости потока, при температуре использования 0...600 С. Погрешность измерений: O<sub>2</sub> ±0.8% полн. шкалы (0...+25 % об.); SO<sub>2</sub> ±5% от измеряемого значения (+40...+500 ppm) и ±2 ppm (0...+39.9 ppm); NO ±5% от измеряемого значения (+40...+300 ppm) и ±2 ppm (0...+39.9 ppm); NO<sub>2</sub> ±5% от измеряемого значения (+100...+500 ppm) и ±5 ppm (0...+9.99 ppm); SO<sub>2</sub> ±5% от измеряемого значения (+100...+2000 ppm) и ±10% от измеряемого значения (+2001...+5000 ppm) и ±5 ppm (0...+99 ppm); CO<sub>2</sub> (NDIR) ±0.3% об. + 1% от измеряемого значения (0...25 % об.) и ±0.5% об. + 1.5% от измеряемого значения (25...50 % об.).</p> <p>— Цифровые настольные весы Acom РС-100W-10Н (интерфейс RS232: РСR2) для контроля массового расхода топлива. Пределы взвешиваний от 20 г до 10 кг, дискретность 1 г, погрешность 2 г.</p> <p>Опытно-производственная база ИТ СО РАН (опытное производство: заготовительный участок, сварочный участок, термический участок, слесарный участок, участок металлообработки) будет также задействована при выполнении проекта.</p>
3.4	<p>Полезный эффект от возможности применения результатов реализации проекта, приходящегося на единицу затрат, в целях оптимизации технических решений</p> <p>Результаты исследования позволят получить уникальные данные, необходимые для развития физики горения, кинетики протекания химических реакций. Ожидаемые результаты имеют высокий инновационный потенциал в топливно-энергетическом сегменте в сфере эффективной переработки и получения энергии из органического топлива.</p> <p>На основе полученных результатов будет разработана технология переработки углеродсодержащего топлива с применением механохимической и электрохимической активации. Использование результатов для создания новых энергоэффективных и экологически безопасных технологий может в значительной мере способствовать прогрессу не только в теплоэнергетической отрасли, но и в социально-экономической сфере в целом. Реализация проекта получит продолжение на предприятиях энергетической отрасли.</p> <p>Широкое применение предлагаемой в проекте технологии позволит улучшить экологию-экономические показатели Новосибирской ТЭС и котельных станций, поднять уровень культуры труда с применением более прогрессивной технологии.</p> <p>Значительная часть результатов имеет большой потенциал дальнейшего практического применения в реальном секторе экономики в форме инновационных научно-технических решений и пакетов программ, непосредственно используемых при разработке новых факельно-вихревых теплоэнергетических технологий и обеспечивающих высокую эффективность и безопасность технологий сжигания</p>



	<p>низкокачественных органических топлив и отходов их переработки за счет высокоэнергетической подготовки, безмазутной технологии розжига и «подсветки» пылеугольного факела, повышения теплотехнических показателей и уменьшения простоя котельного оборудования, снижения количества вредных выбросов при использовании низкосортных видов топлива.</p>				
4.	<p><b>Фундаментальные и поисковые научные исследования, проводимые за счет средств гранта, предоставляемого Российским научным Фондом (РНФ) (далее – грант РНФ)</b></p>				
4.1	<p>Фундаментальные и поисковые научные исследования по теме: Разработка и исследование методов переработки углеродосодержащего топлива Новосибирской области различных качественных характеристик с применением технологий механохимической и электрохимической активации предназначенные для производства энергии</p>	<p><b>1 этап</b> 2025 год</p>	<p><b>2 этап</b> 2026 год</p>	<p><b>3 этап</b> 2027 год <b>ИТОГ</b></p>	
4.2.	<p><b>Цели и задачи работ (содержание работ):</b> 4.2.1. В ходе выполнения фундаментальных и поисковых научных исследований, и технологической разработки должны быть разработаны: 4.2.2. Задачи, решаемые в ходе выполнения работ:</p>	<p>Должна быть разработана программа и методики проведения испытаний по определению кинетических характеристик механоактивированного угольного топлива.</p>	<p>Должен быть модернизирован лабораторный экспериментальный стенд для определения кинетических характеристик топлива.</p>	<p>Разработка программы и методики композитообразования для топлив с высокой и низкой реакционной способностями с применением эффекта механоактивации</p>	<p>Фундаментальные и поисковые научные исследования по разработке и исследованию методов переработки углеродосодержащего топлива Новосибирской области различных качественных характеристик с применением технологий механохимической и электрохимической активации предназначенные для производства энергии.</p>

	<p>исследуемую в рамках исследования, в том числе обзор научных информационных источников: статьи в ведущих зарубежных и (или) российских научных журналах, монографии и (или) патенты) - не менее 15 научно-информационных источников за период 2021 – 2024 гг.</p> <p>Анализ проблем сжигания углеродсодержащего топлива на пылеугольных котлах сибирского региона</p>	<p>Исследование физико-химические структуры при диспергировании исследуемых образцов угля методами синхронного термического анализа</p> <p>зависимости от размера частиц и наличия поверхности парамангнитных центров.</p> <p>Исследование процессы термического разложения при медленном нагреве навески угля в атмосфере синтетического воздуха и в инертной среде до температуры соответствующей низкой нагрузки в котле 700 – 1000.</p>	<p>Разработка методики композитообразования для топлива с высокой и низкой реакционной способностью с применением эффекта механоактивации.</p> <p>Исследования по влиянию пропорций и смесеобразованию различных топлив с целью улучшения процесса сжигания.</p>	
--	--	---	--	--

	<p>Анализ возможных подходов и методов экспериментальных исследований углей их переработки для отработки параметров конструктивных элементов горелочных устройств и режимов сжигания при меанохимической активации угля. Экспериментальные исследования для определения кинетических характеристик пылевзвеси механоактивированного угля микропомога.</p>	<p>Анализ уходящих газов, температуры, время протекания реакции; рентгенофлуоресцентный анализ золы; электронный парамагнитный резонанс пробы, влияние парамагнитных центров на процесс деструкции.</p>		
--	---	---	--	--

	<p>Экспериментальные исследования с использованием лабораторного стенда и определены их химическая активность методами дериватографии и температура воспламенения пылевзвеси механиоактивированного угля микропомола.</p>			
<p><b>4.3</b> <b>Результаты фундаментальных и поисковых научных исследований:</b> <b>4.3.1. Перечень научно-технической документации, предъявляемой по окончании работ на этапе:</b> <b>4.3.2. Ожидаемый результат на этапе:</b> <i>Для НИР указывается описание фактически ожидаемого результата научных исследований в объеме наименований лицензируемых результатов, приводятся информация о предположаемом использовании результатов работы, включая указание места и способов использования результатов работы Заказчиком.</i></p>	<p><b>результат 1-го этапа:</b> Перечень научно-технической документации, предъявляемой по окончании работ на этапе: Отчет о НИР, содержащий описание каждой из выполненных работ Отчет о патентных исследованиях в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96 Программа и методика</p>	<p><b>результат 2-го этапа:</b> Перечень научно-технической документации, предъявляемой по окончании работ на этапе: Отчет о НИР, содержащий описание каждой из выполненных работ.</p>	<p><b>результат 3-го этапа:</b> Перечень научно-технической документации, предъявляемой по окончании работ на этапе: Отчет о НИР, содержащий описание каждой из выполненных работ</p>	<p><b>Итоговый результат:</b> Итоговый научный отчет.</p>

	<p>экспериментальных исследований экспериментальных образцов с использованием экспериментальной установки для определения кинетических характеристик пылевзвеси механоактивированного угля</p> <p>микробола</p> <p><b>Ожидаемый результат</b> на этапе:</p> <p>Должен быть выполнен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках исследования, в том числе обзор научных информационных источников: статьи</p> <p>В ведущих</p>	<p><b>Ожидаемый результат</b> на этапе:</p> <p>Должны быть исследованы физико-химические структуры при диспергировании исследуемых образцов угля методами синхронного термического анализа в зависимости от размера частиц и наличия на поверхности параматнитных центров.</p>	<p><b>Ожидаемый результат</b> на этапе:</p> <p>Должны быть проведены эксперименты по определению кинетических характеристик углерододержащего топлива различных качественных Новосибирской области.</p> <p>Разработана методика композитообразования для топлив с высокой и низкой реакционной способностью с применением эффекта</p>	<p>Проведены фундаментальные и поисковые научные исследования по разработке и исследованию методов переработки углерододержащего топлива Новосибирской области различных качественных характеристик с применением технологий механохимической и электрохимической активации предназначенные для производства энергии.</p>
--	--	--	---	---

	<p>зарубежных и (или) российских научных журналах, монографии и (или) патенты) - не менее 15 научно-информационных источников за период 2021 – 2024 гг.</p> <p>Должен быть проведен анализ проблем сжигания углеродсодержащего топлива на пылеугольных котлах сибирского региона</p> <p>Должен быть выполнен анализ возможных подходов и методов экспериментальных исследований углей их переработки для отработки параметров конструктивных элементов горелочных устройств и режимов сжигания при меанохимической активации угля.</p>	<p>Должны быть исследованы процессы термического разложения при медленном нагреве навески угля в атмосфере синтетического воздуха и в инертной среде до температуры соответствующей низкой нагрузке в котле 700 – 1000.</p> <p>Проведен анализ уходящих газов, температуры; время протекания реакции; рентгенофлуоресцентный анализ золы; электронный парамагнитный резонанс пробы, влияние парамагнитных центров на процесс деструкции.</p>	<p>механоактивации. Проведены исследования по влиянию пропорций и смесеобразованию различных топлив с целью улучшения процесса сжигания</p>	
--	--	--	---	--

	<p>Должны быть проведены экспериментальные исследования для определения кинетических характеристик пылевзвеси механоактивированного угля микропорола. Должны быть проанализированы результаты экспериментальных исследований экспериментальных образцов с использованием экспериментально о стенда и определены их химическая активность методами дериватографии и температура воспламенения пылевзвеси механоактивированного угля микропорола. Разработана программа и методика проведения испытаний по определению</p>			
--	--	--	--	--

		Кинетических характеристик механикоактивированного угольного топлива.			
4.4	Размер гранта РНФ на финансирование работ (млн.руб.)	3,5	3,5	3,5	10,5
5.	Технологическая разработка (включая научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы, выполняемая за счет средств гранта в форме субсидии, предоставляемого Правительством Новосибирской области (в лице министерства науки и инновационной политики Новосибирской области)				
5.1	Технологическая разработка (включая опытно-конструкторские и технологические работы, опытно-конструкторские разработки)	1 этап 2025 год	2 этап 2026 год	3 этап 2027 год	ИТОГ
	Наименование этапа				-
5.2	Цели и задачи работ (содержание работ): 5.2.1. В ходе выполнения работ должен быть разработан (-а, -ы):	Разработана программа и методика проведения испытаний потокового одно- и двухступенчатого сжигания углеродосодержащего топлива.	Разработана эскиза конструкторской документации.	Разработаны рекомендации по созданию и применению разработанных технологий сжигания на территории Новосибирской области. Разработка отчетной документации по проекту.	Разработаны энергоресурсоэффективные экологически безопасные технологий использования и переработки углеродосодержащего топлива различных качественных характеристик
				Оценка эффективности и экономической целесообразности использования	



	<p><b>5.2.2. Задачи, решаемые в ходе выполнения поисковых научных исследований и технологической разработки научно-технической продукции (включая научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы):</b></p> <p>- Исследование потокового одно- и двухступенчатого сжигания углеводородсодержащего топлива с оценкой влияния: стехиометрического соотношения топливо-воздух; механикохимической и электрохимической активации; изучение распределений температуры и концентрации газа по сечению камеры реактивования.</p> <p>- Оценка эффективности и экономической целесообразности использования углеводородсодержащего топлива Новосибирской области с упором на разработанные технологии сжигания и газификации.</p> <p>- Выдача рекомендаций по созданию и применению разработанных технологий сжигания на территории Новосибирской области.</p>	<p>Исследования потокового одно- и двухступенчатого сжигания углеводородсодержащего топлива с оценкой влияния: стехиометрического соотношения топливо-воздух; механикохимической и электрохимической активации; изучение распределений температуры и концентрации газа по сечению камеры реактивования</p>	<p>Исследования потокового одно- и двухступенчатого сжигания композиционного углеводородсодержащего топлива с оценкой влияния смеси образований пропорций смеси.</p>	<p>углеродсодержащего топлива Новосибирской области с упором на разработанные технологии сжигания. Выдача рекомендаций по созданию и применению разработанных технологий сжигания на территории Новосибирской области.</p>	
5.3	<p><b>Результаты технологической разработки:</b></p> <p><b>5.3.1 Перечень научно-технической документации, представляемой по окончании работ:</b></p>	<p><b>результат 1-го этапа:</b></p> <p>Отчет о НИР, содержащий описание каждой из выполненных работ</p> <p>Отчет о патентных исследованиях в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96</p>	<p><b>результат 2-го этапа:</b></p> <p>Отчет о НИР, содержащий описание каждой из выполненных работ.</p>	<p><b>результат 3-го этапа:</b></p> <p>Отчет о НИР, содержащий описание каждой из выполненных работ.</p>	<p><b>Итоговый результат</b></p> <p>Итоговый отчет.</p>

<p><b>5.3.2 Ожидаемый результат:</b></p>	<p>Программа и методика экспериментальных исследований одно- и двухступенчатого сжигания углеводородсодержащего топлива</p> <p>Проведены исследования потокового одно- и двухступенчатого сжигания углеводородсодержащего топлива с оценкой влияния: стехиометрического соотношения топлива-воздух; механикохимической и электрохимической активации; изучение распределений температуры и концентрации газа по сечению камеры реагирования</p>	<p>Проведены исследования потокового одно- и двухступенчатого сжигания композиционного углеводородсодержащего топлива с оценкой влияния смесиобразовании пропорций смеси</p>	<p>Проведена оценка эффективности и экономической целесообразности использования углеводородсодержащего топлива Новосибирской области с упором на разработанные технологии сжигания.</p> <p>Разработаны рекомендации по созданию и применению разработанных технологий сжигания на территории Новосибирской области.</p>	<p>Проведены экспериментальные исследования и разработаны технологии по одно- и двухступенчатому сжиганию углеводородсодержащего топлива с применением механохимической и электрохимической активации. Выданы рекомендации по дальнейшему использованию результатов на существующих и создаваемых промышленных объектах генерации электроэнергии.</p>
--	---	--	--	---

5.4	Технико-экономическое обоснование внедрения результатов технологической разработки научно-технической продукции: (включая НИОКР)	В настоящее время (по данным фонда энергосбережения НСО) в области функционирует 920 объектов с котлоагрегатами, в том числе муниципальных. Причем само количество потенциальных потребителей со временем будет только возрастать в связи с текущей ситуацией на рынке и требованиями «энергетической стратегии России», которая подразумевает переход на современные технологии производства энергии. Как известно Новосибирская область входит в число стремительно развивающихся регионов России. Основными заказчиками воздушного бассейна области по данным Новосибирскстата являются предприятия, занимающиеся производством и распределением электроэнергетики. Ими было выброшено более половины (64,5 %) общего количества вредных выбросов. В данной работе на основе экспериментальных исследований и численного моделирования, разработки достоверных кинетических моделей горения и применение современных методов измерения рабочего процесса в модельных и реалистичных условиях будет создан научный задел для совершенствования технологии сжигания углеводородсодержащего топлива. Интерес к разработкам подобного типа, в том числе непосредственно к предлагаемому проекту, имеется у предприятий реального сектора экономики, крупные инженеринговые предприятия энергетической отрасли Новосибирска заявили о своей заинтересованности в разработках по данному проекту (ООО «КОТЭС» и АО «Сибтехэнерго» и др.).	3,5	3,5	3,5	10,5
5.5	Размер Гранта в форме субсидии, предоставляемого Правительством Новосибирской области на финансирование работ (млн.руб.)		3,5	3,5	3,5	10,5
5.6	Сроки проведения работ (отчетный период этапа)	апрель-декабрь 2025 г.	март-декабрь 2026 г.	март-декабрь 2027 г.	2025-2027 гг.	
6.	6.1 Основные требования к результатам технологической разработки (включая НИОКР):					
	6.2 Требования к разрабатываемой документации:	Отчет о патентных исследованиях в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96. Программа и методики, протокол, акт экспериментальных	Акт модернизации лабораторного стенда	Программа и методики, протокол, акт экспериментальных исследований	Промежуточные и заключительный отчеты о по этапам выполнения работ в соответствии с ГОСТ 7.32-2001, отражающие	

		исследований экспериментальных образцов с использованием экспериментальной установки для определения кинетических характеристик		реакционной способностью с применением эффекта механоактивации.	результаты работ
	Оформление технической документации должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.125-2008	Оформление технической документации должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.125-2008	Оформление технической документации должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.125-2008	Оформление технической документации должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.125-2008	
	Техническая и отчетная документация должна быть представлена на бумажном носителе в одном экземпляре и в электронном виде на оптическом носителе в одном экземпляре.	Техническая и отчетная документация должна быть представлена на бумажном носителе в одном экземпляре и в электронном виде на оптическом носителе в одном экземпляре.	Техническая и отчетная документация должна быть представлена на бумажном носителе в одном экземпляре и в электронном виде на оптическом носителе в одном экземпляре.	Техническая и отчетная документация должна быть представлена на бумажном носителе в одном экземпляре и в электронном виде на оптическом носителе в одном экземпляре.	
7.	Порядок выполнения и приемки работ по проведению поисковых научных исследований и технологической разработки научно-технической продукции:(включая НИОКР) (этапов) <sup>2</sup>	По окончании выполнения Работы, Исполнитель передает Заказчику Работы в			

<p>Порядок выполнения и приемки работ технологической разработки научно-технической продукции: (включая НИОКР) (этапов) должен соответствовать требованиям ГОСТ Р 15.101-2021 [и указываются стандарты в зависимости от характера и целевого назначения НИР и ОКР].</p>	<p>электронном виде на адрес электронной почты Заказчика, либо через файлообменный ресурс Интернета (aridshare.com и т.п.) архивными файлами:  - для чертежей: в формате *.dwg;  - для текстовых документов: в формате *.doc или *.xls;,  - для документов с подписями исполнителей: в формате *.pdf.</p> <p>По завершении Работы, Исполнитель передает Заказчику результаты Работы и подписанный со своей стороны Акт сдачи - приемки результатов Работы в 2-х экземплярах. В течение 10 (десяти) календарных дней, от даты получения результатов Работы и Акта, Заказчик обязан изучить представленный результат Работы и, в случае отсутствия</p>			
---	--	--	--	--

с требованиями, установленными в стандартах на выполнение НИР и ОКР. Если в ТЗ составление программы приемки не предусмотрено, то в разделе приводятся необходимые требования к проведению приемки, а также перечень предъявляемых к приемке технических документов, макетов (моделей, экспериментальных образцов).

	замечаний и/или дополнений, подписать Акт сдачи-приемки результатов Работы в 2-х экземплярах, и возвратить Исполнителю его экземпляр.			
--	---	--	--	--

Результаты проекта подлежат:

- 1) представлению и защите в областном исполнительном органе (отраслевом министерстве) Новосибирской области (Заказчиком) с привлечением научно-технического совета (при наличии) с презентацией и защитой Грантополучателем (исполнителем проекта) результатов проекта) (1-й этап рассмотрения результатов проекта). Сроки проведения мероприятия определяются Заказчиком дополнительно. К участию в мероприятии должны быть приглашены представители министерства науки и инновационной политики Новосибирской области, а также ведущие эксперты и научные специалисты институтов и вузов региона;
- 2) на заседании Совета по научно - технической политике при Правительстве Новосибирской области (2 этап рассмотрения результатов проекта).

По итогам рассмотрения результатов проекта, отчетные материалы (научно-технические отчеты) по отдельным этапам и проекту в целом должны быть переданы Заказчику и в министерство науки и инновационной политики Новосибирской области.

\_\_\_\_\_