Краткая информация о проекте

Наименование	Эколого-энергетическая эффективность плазменной технологии: численное моделирование и эксперимент
Актуальность	Глобальные долгосрочные прогнозы топливно-энергетического баланса подтверждают, что уголь останется важнейшим невозобновляемым источником энергии до 2050 года. По данным Международного энергетического агентства, мировые запасы угля оцениваются в 1 трлн.т. При текущем уровне потребления этих запасов хватит на 250 лет. Для сравнения, запасы природного газа и нефти составляют 65 и 45 лет соответственно. Мировое потребление угля растет примерно на 2% в год, и в тоже время цены на уголь достаточно стабильны, в отличие от нефти и газа. Казахстан обладает большими запасами энергетического угля, которые можно добывать дешевым открытым способом. Например, Экибастузский каменноугольный бассейн содержит высокую концентрацию запасов высокозольных углей в пластах уникальной мощности (в целом около 8 млрд. т. по бассейну), которые пригодны для открытой добычи. В настоящее время, для повышения эффективности воспламенения и стабилизации горения углей с высокой зольностью и низким выходом летучих в теплоэнергетике используются следующие методы: высокий подогрев аэросмеси (до 410 К) и вторичного воздуха (до 673 К), повышение тонины помола (до R_{90}=6-8 %) и подача угольной пыли высокой концентрации (до 50 кг/кг) с последующим подогревом, а также совместное сжигание угля с мазутом. Тем не менее, вышеперечисленные методы имеют значительные недостатки. В том числе, повышение тонины помола приводит к существенному перерасходу энергозатрат на помол, что снижает КПД (нетто) котла. Повышение температуры аэросмеси выше 410 К и вторичного воздуха выше 673 К недопустимо из-за опасности возникновения пожара. Для стабилизации горения пылеугольного факела и растопки котлов используется совместное сжигание угля и тяжелой нефти (мазута), которое увеличивает выбросы пятиокиси ванадия, оксидов серы, и азота, одновременно с этим, механический недожог топлива, что отрицательно влияет на экологию. В последние годы большое внимание уделяется повышению безопасности окружающей среды и эффективности на процессы сжигания энергетических углей на пылеугольных ТЭС, на которых производятся, 40% электрической и 25% тепловой энергии. Кроме того, тенденция негативного изменения качества твердого топлива, приводит к увеличению использования непроектных видов топлива и снижению технико-экономических и экологических показателей работы котлоагрегатов. В связи с этим внедрение и создание новых инновационных технологий

	для эффективного сжигания энергетических углей становится довольно актуальной задачей. По наблюдениям, процессов воспламенение и стабилизации горения энергетических углей с использованием плазменных технологий получил значительное развитие и распространение, характеризуясь высокой экологической безопасностью и производительностью, а также относительно недорогим оборудованием. В этой технологии нагрев аэросмеси (смесь угольных частиц с воздухом) может осуществляться путем сжигания газообразного, жидкого или твердого топлива, электродуговой плазмой или другим способом подвода тепловой энергии. Следовательно, она должна обеспечивать надежную работу даже при использовании углей различного качества (с разной зольностью, влажностью и выходом летучих). Использование электродуговой плазмы, как правило, более эффективно по сравнению с традиционными методами розжига. С высокой концентрацией энергии плазма характеризуется наличием большого количества химически активных атомов, ионов, радикалов и электронов. Это многократно ускоряет процесс термохимических превращений угля и окислителя, что приводит к более полному и быстрому сгоранию пылеугольного факела. На пылеугольных электростанциях Казахстана для растопки котлов используется тяжелый мазут. Например, Экибастузская ГРЭС-1 использует для этих целей около 6,6 тыс. т мазута, или 1 млрд тенге в год, что оказывает негативное влияние на экономику и экологию страны. Модернизация отечественных НПЗ приводит к отрицательному воздействию на производства мазута, которое в январе-июле 2023 года на 12% уменьшилось по сравнению с аналогичным периодом 2022 года до 1,126 миллиона тонн с 1,284 миллиона тонн. Это также отразится на цене мазута, которая увеличилась с 52800 тенге за тонну (2017 год) до 140000 тенге (2023 год). Перспективной технологией безмазутной растопки котлоагрегатов является плазменная-угольная горелка, которая была представлена на международной выставке EXPO-2017 и уже достаточно широко применяется в мире. Например, в Китае на долю установок, использующих эту технологию, приходится около 40% от общей установленной мощности в стране. При работе плазменно-угольной горелки высокореакционное топливо (мазут, дизельное топливо или природный газ) заменяется измельченным твердым топливом (угольной пылью). Горелка работает по принципу нагрева аэросмеси (смесь угольной пыли с воздухом) электродуговой плазмой до температуры выхода летучих угля и частичной газификации коксового остатка. В итоге, на выходе из этой установки полученная топливная смесь или высокореакционное двухкомпонентное топливо (газ + коксовый остаток) воспламеняется при смешении с вторичным воздухом и

	устойчиво горит без использования мазута в топке. Использование плазменной технологии на пылеугольных ТЭС позволяет минимизировать затраты на мазут и повысить надежность работы котла. При этом проект также оказывает весьма существенное влияние на окружающую среду, снижая выбросы NO_x и серы на 30-40%.
Цель	Главной целью проекта является оценка эколого-энергетической эффективности применения плазменной технологии на пылеугольных тепловых электростанциях.
Задачи	Для достижения цели проекта был разработан детальный план работ, разбитый на задачи. Каждая задача имеет самостоятельное научное значение, и в тоже время все они взаимосвязаны. В задачи проекта входят: анализ и методы повышения эффективности использования или сжигания низкосортных энергетических углей; термодинамический анализ продуктов термохимической подготовки топлива к сжиганию в плазменно-угольной горелке (ПУГ) при различных концентрациях угля в аэросмеси с использованием компьютерной программы TERRA; кинетические расчеты процессов воспламенения низкосортных высокозольных углей в ПУГ с использованием программы PlasmaKinTherm; определение влияние теплотехнических показателей (температуры, скорости и концентрации продуктов сгорания, степень газификации углерода и уровень вредных выбросов) и механизмов протекающих в топке котла на эффективность процесса с помощью сопоставление исследований с и без применения плазменной технологии для воспламенения и стабилизации горения пылеугольного твердого топлива в топке котла; на основе анализов полученных результатов будут выбраны оптимальные параметры осуществления процессов воспламенения и горения твердого топлива; разработка технологических рекомендаций для повышения эколого-экономических показателей пылеугольных ТЭС и котельных; оценка эколого-энергетической эффективности ПУГ; составление технико-экономического обоснования (ТЭО) эффективности использования ПУГ на ТЭС, работающих на пылеугольном топливе.
Ожидаемые и достигнутые результаты	• Согласно ожидаемому результату календарного плана (*Раздел календарного плана: №6.1 Защита докторской диссертации*): диплом №PhD00033152926 (регистрационный №673), приказ №920-б/а от «06» февраля 2026 г., протокол защиты №50 от «03» февраля 2026 г. • Согласно ожидаемому результату календарного плана (*Раздел календарного плана: №8 Оценка эколого-энергетической эффективности ПУГ*): Будет проведена оценка эколого-энергетической эффективности ПУГ. • Согласно ожидаемому результату календарного плана (*Раздел календарного плана: №12 Подготовка публикация статей в рецензируемых научных журналах в соответствии с требованиями конкурсной документации*): Были опубликованы две статьи в журналах из первых трех квартилей по импакт-фактору в базе данных Web of Science или имеющих

	процентиль по CiteScore в базе данных Scopus не менее 50.
Имена и фамилии членов исследовательской группы с их идентификаторами (Scopus Author ID, Researcher ID, ORCID, при наличии) и ссылками на соответствующие профили	• Орынбасар Мағжан Нұрланұлы (Научный руководитель) Web of Science ResearcherID – LNQ-7892-2024, ORCID – 0009-0009-4392-1022, Scopus Author ID – 58659841700; https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=58659841700 https://www.webofscience.com/wos/author/record/LNQ-7892-2024 https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0009-4392-1022 • Мессерле Владимир Ефремович (Научный консультант) Web of Science ResearcherID – B-1735-2016, Researcher ID in Publons – B-1735-2016, ORCID – 0000-0003-4281-1429, Scopus Author ID – 6602472315. https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602472315 https://www.webofscience.com/wos/author/record/441231 https://orcid.org/0000-0003-4281-1429
Использование	Применение этой плазменной технологии, включающей специальную горелку, оснащенную плазмотроном, будет способствовать повышению квалификации персонала в области теплоэнергетики, теплотехники, теплофизики, плазмохимии, и экологии, и поддерживать интенсификацию исследований по повышению эффективности процесса воспламенения и стабилизации горения низкосортных энергетических углей в Республике Казахстан.
Приоритет в сравнении с реальными аналогами	• Полный отказ от мазута и оптимизация режимов горения низкосортных углей для повышения стабильности работы котлов. • Минимизация энергозатрат на собственные нужды ТЭС и экономия до 1 млрд тенге в год на закупке топлива. • Снижение выбросов NO_x и SO_2 на 30–40% за счет более полного и контролируемого сгорания. • Подготовка специалистов в области плазмохимии и создание базы для масштабирования технологии в металлургию и сферу переработки отходов.
Список публикаций с ссылками на них	1. **Orynbasar M.**, Messerle V., Ustimenko A. (2024). Modeling and experiments on plasma ignition of Ekibastuz coal in the form of dust. *Combustion and Plasma Chemistry*, *22*(3), 179-186. https://doi.org/10.18321/cpc22(3)179-186 2. **Orynbasar M.N.**, Messerle V.E., Ustimenko A.B. (2026) Electrothermochemical Preparation of Steam Coal for Combustion. *IEEE Transactions on Plasma Science* (Early Access), pgs. 1-7. https://doi.org/10.1109/TPS.2026.3655428 3. **Orynbasar M.N.**, Messerle V.E., Ustimenko A.B., Aknazarov S.K. (2026). Production of Synthesis Gas by Plasma–Steam Gasification of Solid Fuels with Different Ash and Volatile Matter Contents: An Experiment and Thermodynamic Calculations. *Gases*, *6*(1), 11. https://doi.org/10.3390/gases6010011 4. Messerle V.E., Ustimenko A.B., Aknazarov S.Kh., **Orynbasar M.N.** (2026) Direct reduction of iron ore pellets with high-potential reducing gas obtained by plasma-steam gasification of solid fuel. *IEEE Transactions on Plasma Science* (в печати).

Информация о патентах	-