

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе и
инновациям

Национального исследовательского
Томского

политехнического университета,
доктор химических наук, профессор

М.С. Юсубов

«22» 02 2020 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Диссертация «Утилизация отходов в составе суспензионных топлив для снижения их вредного воздействия на окружающую среду с выработкой энергии» выполнена в Инженерной школе энергетики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

В период подготовки диссертации соискатель Шабардин Дмитрий Павлович работал в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» в Центре информационных технологий в должности инженера; с 01.09.2017 и по настоящее время обучается в очной аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

В 2017 г. окончил магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по направлению подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», профиль «Наукоемкие технологии измерений и управления в теплотехнике».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов по истории и философии науки (технические науки), иностранному языку (английский) и специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика выдана в 2019 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

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», Инженерная школа энергетики, профессор.

На основании заслушивания и обсуждения доклада Шабардина Д.П. по диссертационной работе «Утилизация отходов в составе суспензионных топлив для снижения их вредного воздействия на окружающую среду с выработкой энергии», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика, **постановили** принять следующее заключение.

Общая характеристика работы. Диссертация Шабардина Дмитрия Павловича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены результаты экспериментальных исследований, совокупность которых можно квалифицировать как новые научные достижения в области композиционных топлив из индустриальных и твердых коммунальных отходов для сжигания в топках паровых и водогрейных котлов. Определены экспериментальные данные по исследованию влияния размеров частиц, их формы, концентрации компонентов топливных суспензий, взаимодействия частиц между собой на характеристики (времена задержки зажигания и пороговые температуры) зажигания. Определены концентрации основных газообразных антропогенных выбросов при сжигании суспензионных топлив, приготовленных из отходов углеобогащения и нефтепереработки с добавлением твердых коммунальных отходов (ТКО). Сравнительный анализ относительных показателей полезного использования традиционных и перспективных топлив на котельных установках большой и малой энергетики показал высокие приоритеты композиционных топлив с ТКО перед углем. Полученные экспериментальные результаты и сформулированные выводы обладают единством изложения результатов выполненных исследований. Оформление и стиль написания диссертации отвечают требованиям, предъявляемым к научно-квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Актуальность темы исследования. Актуальность проведенных исследований подтверждается необходимостью разработки новых способов утилизации промышленных и твердых коммунальных отходов, и снижения их негативного влияния на окружающую среду. В настоящее время большие темпы формирования и открытое складирование ТКО являются мировой экологической проблемой. Существующие способы утилизации имеют множество недостатков. За последние годы вопрос переработки или утилизации отходов в России так и не был решен. Из более эффективных способов практикуется слоевое сжигание на мусоросжигающих заводах. Прямое сжигание ТКО связано с целым рядом экономических, экологических и социальных проблем. Сложившаяся ситуация требует разработки новых эффективных и экономически привлекательных технологий, а также способов, которые способны не только производить энергию и быть экологически безопасными, но и эффективно утилизировать ТКО, запасы которых растут и увеличиваются с каждым годом. Системы сжигания ТКО с применением плазматронов, как правило, требуют специализированных условий, которые можно обеспечить при строительстве новых установок и заводов. Внедрение таких установок на действующих котельных большой и малой энергетики крайне затруднительно. Строительство новых заводов требует больших финансовых расходов. Вопросы окупаемости

чрезвычайно сложные. Как следствие, довольно много дискуссий по выбору оптимальных методов утилизации ТКО. Сжигание ТКО в составе КЖТ на действующих котельных установках может стать перспективным способом утилизации отходов. Требуется проведение экспериментов по определению необходимых и достаточных условий для устойчивого инициирования горения таких сложных смесей, а также оптимальных концентраций компонентов для получения максимальных относительных индикаторов эффективности топлив с учетом экологических, экономических и энергетических показателей. Можно уменьшить затраты на фильтры, избавиться от необходимости строить мусоросжигательные заводы, утилизировать не только коммунальные, но промышленные отходы, уменьшить затраты на натуральное топливо для котельных установок большой и малой энергетики.

Связь работы с научными программами и грантами. Диссертационные исследования выполнены в рамках грантов и проектов, в которых Д.П. Шабардин был исполнителем:

- грант Президента РФ № МК-2391.2014.8 «Исследование процессов сопряженного тепломассопереноса в условиях интенсивных фазовых превращений и химического реагирования при нагревании твердых и гелеобразных конденсированных веществ локальными источниками ограниченной энергоемкости», руководитель – д.ф.-м.н., профессор П.А. Стрижак (2015–2016 гг.);
- грант РФФИ № 15-19-10003 «Разработка основных элементов теории зажигания существенно неоднородных по структуре капель органоводоугольных топлив», руководитель – д.ф.-м.н., профессор П.А. Стрижак (2015–2017 гг.);
- проект ВИУ–ИШФВП–184/2019 «Фундаментальные основы безопасного и экологически эффективного сжигания композиционных топлив из отходов углеобогащения и нефтепереработки, сточных и технологических вод», руководитель – д.ф.-м.н., профессор П.А. Стрижак (2018 г.);
- грант РФФИ «р_а» № 18-43-700001 «Разработка теоретических основ ресурсоэффективных теплоэнергетических технологий сжигания промышленных и бытовых отходов в составе композиционных топлив», руководитель – д.ф.-м.н., профессор Г.В. Кузнецов (2018–2019 гг.);
- проект ВИУ–ИШФВП–60/2019 «Микро-диспергирование интенсивно нагреваемых неоднородных капель в составе аэрозольных потоков как способ масштабного вторичного измельчения топливных эмульсий и суспензий», руководитель – д.ф.-м.н., профессор П.А. Стрижак (2019 г.).

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации. Личный вклад автора состоит в формулировке диссертационных задач, планировании экспериментальных исследований, разработке методик исследований, проведении опытов, обработке их результатов, оценке систематических и случайных погрешностей, апробации результатов, выполнении математического моделирования процессов сжигания перспективных КЖТ в условиях, соответствующих топкам котельных установок большой и малой энергетики и недоступных в полной мере при проведении экспериментов в лаборатории, анализе и обобщении экспериментальных

результатов исследований, разработке рекомендаций использования полученных результатов, формулировке защищаемых положений и выводов.

Степень достоверности результатов проведенных исследований. Достоверность результатов диссертационных исследований подтверждается выполненными оценками систематических и случайных погрешностей результатов измерений, удовлетворительной повторяемостью опытов при идентичных начальных условиях, использованием современных высокоточных методов и программно-аппаратных комплексов, удовлетворительной корреляцией полученных данных с известными результатами исследований других авторов и результатами решения тестовых задач.

Новизна результатов проведенных исследований. Научная новизна полученных автором результатов заключается в следующем: предложен способ утилизации твердых коммунальных отходов в составе КЖТ при сжигании в топочных камерах котельных установок большой и малой энергетики. Установлены условия и характеристики эффективного зажигания суспензий КЖТ с добавлением ТКО в модельных камерах сгорания. Получены аппроксимационные выражения для прогнозирования значений этих характеристик, а также развития моделей зажигания и горения мультитопливных капель КЖТ. Проанализирована структура, объемы и энергетический потенциал для наиболее широко распространенных ТКО, низкосортных углей, отходов углеобогащения и нефтепереработки. Продемонстрированы высокие значения относительных комплексных экологических, экономических и энергетических индикаторов сжигания КЖТ с ТКО в сравнении с традиционным пылевидным сжиганием угля.

Практическая значимость диссертации и использование полученных результатов. С использованием полученных в настоящей работе экспериментальных данных о характеристиках зажигания (предельные температуры, минимальные времена прогрева, времена выгорания капель топливного аэрозоля, требуемый расход, максимальные температуры горения) и горения (температуры, скорости горения, антропогенные выбросы) КЖТ с добавлением твердых коммунальных отходов можно прогнозировать условия их эффективного применения в качестве основного (вместо угля, мазута или газа) или дополнительного (при розжиге) топлива водогрейных и паровых котлов энергетических установок различной производительности. Результаты диссертационных исследований используются при выполнении инвестиционного проекта, направленного на создание первого в России опытно-промышленного участка подготовки и сжигания органоводугольного топлива с применением промышленных и коммунальных отходов в г. Томске. Получены акты об использовании результатов диссертационных исследований на энергетических предприятиях Кемеровской и Томской области при замене угля на КЖТ с ТКО, а также в Национальном исследовательском Томском политехническом университете при подготовке специалистов в области экологически чистых топливных технологий.

Апробация результатов исследования. Результаты диссертационных исследований докладывались и обсуждались на Всероссийской научной конференции с международным участием «Теплофизические основы

энергетических технологий» (Томск, 2015), Международном форуме «Интеллектуальные энергосистемы» (Томск, 2015, 2017), Международной конференции «Современные проблемы теплофизики и энергетики» (Москва, 2017 г.), Международной научной конференции «Энерго-ресурсоэффективность в интересах устойчивого развития» (Томск, 2018), Сибирском теплофизическом семинаре (Новосибирск, 2018, 2019), Международной молодежной научной конференции «Тепломассоперенос в системах обеспечения тепловых режимов энергонасыщенного технического и технологического оборудования» (Томск, 2019), XVI Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук» (Томск, 2019), XXII Школе-семинаре молодых ученых и специалистов под руководством академика А.И. Леонтьева «Проблемы газодинамики и тепломассообмена в энергетических установках» (Москва, 2019), Семинаре ВУЗов по теплофизике и энергетике (Санкт-Петербург, 2019).

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем. Всего по теме диссертации Шабардиным Д.П., опубликовано 8 статей, в том числе 2 – в рецензируемых журналах из списка, рекомендованного ВАК РФ, 6 – в международных рецензируемых журналах, индексируемых базами данных «Scopus» и «Web of Science».

Статьи в журналах из перечня рецензируемых научных изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискания ученой степени кандидата наук, на соискания ученой степени доктора наук:

1. Shabardin, D.P. Co-combustion of coal processing waste, oil refining waste and municipal solid waste: Mechanism, characteristics, emissions / D. O. Glushkov, K. K. Paushkina, D. P. Shabardin // Chemosphere. – 2020. – V. 240. – 124892.
2. Shabardin D. Burnout rates of fuel slurries containing petrochemicals, coals and coal processing waste / K. Vershinina, D. Shabardin, P. Strizhak // Powder Technology. – 2019. – V. 343. – P. 204–214.
3. Shabardin D. Municipal solid waste recycling by burning it as part of composite fuel with energy generation / D. Glushkov, K. Paushkina, D. Shabardin, P. Strizhak, N. Gutareva // Journal of Environmental Management. – 2019. – V. 231. – P. 896–904.
4. Шабардин Д. П. Характеристики зажигания капель композиционных топлив, содержащих твердые бытовые отходы / Д. О. Глушков, Д. П. Шабардин, К. К. Паушкина // Бутлеровские сообщения. – 2018. – Т. 53, №2. – С. 53-62.
5. Shabardin D. Environmental aspects of converting municipal solid waste into energy as part of composite fuels / D. Glushkov, K. Paushkina, D. Shabardin, P. Strizhak // Journal of Cleaner Production. – 2018. – V. 201. – P. 1029–1042.
6. Shabardin D. The main elements of a strategy for combined utilization of industrial and municipal waste from neighboring regions by burning it as part of composite fuels / D. Glushkov, G. Kuznetsov, K. Paushkina, D. Shabardin // Energies. – 2018. – V. 11. – P. 2534.
7. Шабардин Д. П. Условия устойчивого зажигания органоводоугольного топлива на основе углердного остатка от пиролиза автомобильных шин / К. Ю. Вершинина, Д. О. Глушков, Д. П. Шабардин, П. А. Стрижак // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2017. – №2. – С. 3-7 (Shabardin D.P.

Conditions of stable ignition of coal-water slurry containing petrochemicals based on carbon residue of tire pyrolysis / K.Y. Vershinina, D.O. Glushkov, P.A. Strizhak, D.P. Shabardin // Chemical and Petroleum Engineering. – 2017. – V. 53. – P. 71–77).

8. Shabardin D.P. Influence of organic coal-water fuel composition on the characteristics of sustainable droplet ignition / D.O. Glushkov, D.P. Shabardin, P.A. Strizhak, K.Yu. Vershinina // Fuel Processing Technology. – 2016. – V. 143. – P. 60–68.

Перечисленные публикации полностью отражают основное содержание диссертационной работы. Доля авторского участия соискателя в работах 1–8 составляет 40–60 %.

Соответствие содержания диссертации избранной специальности. Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой и соответствует специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика, пунктам из паспорта специальности:

1. Разработка научных основ сбережения энергетических ресурсов в промышленных теплоэнергетических устройствах и использующих тепло системах и установках.
8. Разработка теоретических основ создания малоотходных и безотходных тепловых технологических установок.

Диссертация «Утилизация отходов в составе суспензионных топлив для снижения их вредного воздействия на окружающую среду с выработкой энергии» Шабардина Дмитрия Павловича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика.

Заключение принято на заседании Научно-технического совета (теплоэнергетической секции) Инженерной школы энергетики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Присутствовало на заседании членов научно-технического совета инженерной школы энергетики (теплоэнергетическая секция) Национального исследовательского Томского политехнического университета 11 человек из 13 членов. Результаты голосования: «за» - 11 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет. Протокол №1 от «19» февраля 2020 года.

Председатель теплоэнергетической секции Инженерной школы энергетики, д.ф.-м.н., профессор, г.н.с. ИШЭ ТПУ

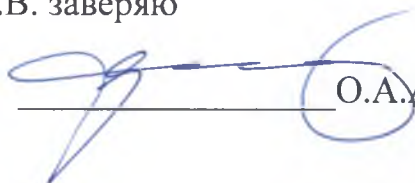
 Г.В.Кузнецов

Секретарь научно-технического совета Инженерной школы энергетики

 С.В.Филимонова

Подписи Кузнецова Г.В. и Филимоновой С.В. заверяю

Ученый секретарь Ученого совета ТПУ

 О.А.Ананьева