

## **ОТЗЫВ**

**дополнительного члена совета Вавилова Владимира Платоновича на диссертацию Шабардина Дмитрия Павловича «Утилизация отходов в составе суспензионных топлив для снижения их вредного воздействия на окружающую среду с выработкой энергии», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика**

Во вводной части диссертации автор достаточно убедительно обосновал, что утилизация отходов в составе суспензионных топлив с выработкой энергии позволит решить ряд важных экологических проблем, связанных с формированием твердых коммунальных отходов (ТКО). Открытое складирование ТКО, которое, в основном, применяется в России, обладает значительными недостатками. Внедряя сравнительно эффективные способы, в последнее время предпринимаются попытки внедрения слоевого сжигания на мусоросжигающих заводах. Строительство таких заводов требует больших финансовых расходов, а окупаемость таких заводов является предметом острой критики и дискуссии. Кроме того, 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 увеличиваются с каждым годом. Сжигание ТКО в составе композиционного жидкого топлива (КЖТ) на действующих котельных установках может стать перспективным способом утилизации отходов. Разработка и внедрение такой технологии позволит уменьшить затраты на фильтры, избавиться от необходимости строить мусоросжигательные заводы, утилизировать не только коммунальные, но и промышленные (в основном из сырьевого сектора) отходы, уменьшить затраты на натуральное топливо для котельных установок большой и малой энергетики. Автор диссертации провел серии экспериментов по определению необходимых и достаточных условий для

устойчивого инициирования горения таких сложных смесей, а также оптимальных концентраций компонентов для получения максимальных значений относительных индикаторов эффективности топлив с учетом экологических, экономических и энергетических показателей. Кроме того, с учетом имеющихся ограничений лабораторной базы, автор попытался установить диапазоны изменения концентраций основных газовых антропогенных выбросов ( $SO_x$  и  $NO_x$ ) при сжигании суспензионных топлив, а также определить наиболее оптимальные с точки зрения экологии, энергетики и экономики составы данных суспензий. Считаю, что тема диссертации Д.П. Шабардина актуальна, а выполненные исследования важны для снижения вредного воздействия энергетических установок на окружающую среду.

**Структура и содержание диссертации.** Диссертация включает 166 страниц, состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы, включающего 160 наименований, содержит 48 рисунков и 21 таблицу.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель и задачи исследований, отражена практическая значимость и научная новизна полученных результатов.

В первой главе проанализировано современное состояние научных исследований и технических решений в области утилизации ТКО (в том числе с выработкой теплоты и электрической энергии), основные способы и используемое оборудование, выявлены достоинства и недостатки этих решений, представлен способ утилизации твердых коммунальных отходов в составе композиционных топливных суспензий.

Во второй главе приведено описание методик проведения исследований, стендов с группой модельных камер сгорания (для приближения условий инициирования горения к топкам водогрейных и паровых котлов), рассмотрены свойства и характеристики используемых компонентов для создания КЖТ.

В третьей главе представлены результаты исследования основных закономерностей и характеристик инициирования горения капель

композиционного жидкого топлива в потоке разогретого воздуха в модельной камере сгорания. Определены необходимые и достаточные условия для реализации зажигания капель КЖТ, приготовленных на основе отходов угле- и нефтепереработки с добавлением ТКО. Изучены процессы газофазного и гетерогенного зажигания КЖТ в контролируемых условиях. Разработаны рекомендации по использованию результатов исследований, а также рекомендации по развитию сформулированного научного подхода для повышения эффективности сжигания суспензионных топлив (в том числе на основе отходов угле- и нефтепереработки с добавлением ТКО) в топочных камерах котельных агрегатов.

В четвертой главе приведены результаты математического моделирования процессов горения исследуемых составов в котельной установке, а также приведены сравнения полученных результатов с экспериментами. Геометрия модели основана на реально существующем котле. На разработанной модели проведено варьирование ряда параметров с целью нахождения оптимальных условий горения. Проведены расчеты по нахождению оптимального расхода воздуха, расхода топлива, а также оптимальной концентрации добавленного в композиционное топливо ТКО. Созданную модель можно использовать для прогнозирования интегральных характеристик сжигания КЖТ с твердыми коммунальными отходами в котельных установках большой и малой энергетики.

В пятой главе приведены результаты расчетов для обоснования эффективности совместной утилизации коммунальных и промышленных отходов с выработкой энергии. Вычислено количество сэкономленного твердого натурального топлива при замене эквивалентным по калорийности количеством перспективного композиционного топлива с ТКО. Вычислено количество фильтр-кегов, твердых коммунальных отходов и отработанных масел, которое возможно утилизировать при использовании совместной утилизации коммунальных и промышленных отходов с выработкой энергии.

В заключении представлены главные выводы, сформулированные в ходе работы над диссертацией.

**Научная новизна** диссертационных исследований Д.П.Шабардина заключается в следующем: предложен новый 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, а также продемонстрированы высокие значения относительных комплексных экологических, экономических и энергетических индикаторов сжигания КЖТ с ТКО в сравнении с традиционным пылевидным сжиганием угля. Отдельно хочу отметить подробное и конкретное изложение научных положений, выдвигаемых к защите (по разделу «Научная новизна» имеется замечание).

**Практическая значимость** результатов диссертационных исследований Д.П. Шабардина состоит в том, что с использованием полученных в работе экспериментальных данных о характеристиках процессов 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 органоводоугольного 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.

**Достоверность результатов** диссертационных исследований подтверждается соответствием расчетных и экспериментальных значений, а также сравнительным анализом установленных закономерностей с заключениями других авторов. Достоверность экспериментальных результатов обоснована автором диссертации путем анализа систематических и случайных погрешностей соответствующих измерений. В тексте диссертации представлены пояснения этих погрешностей, на всех графических зависимостях приведены доверительные интервалы.

**Личный вклад автора** состоит в формулировке цели и задач диссертации, планировании экспериментальных исследований, разработке методик исследований, проведении опытов, обработке их результатов, оценке погрешностей, апробации результатов, выполнении математического моделирования процессов сжигания перспективных КЖТ, анализе и обобщении результатов исследований, разработке рекомендаций их использования, формулировке положений и выводов.

#### **Критические замечания и рекомендации по диссертации:**

1. Насколько полно изложены научные тезисы, выдвигаемые к защите, настолько «вяло» изложен раздел «Научная новизна», хотя, возможно, это замечание связано с опытом работы рецензента в других специализированных советах. Научная новизна не структурирована и не содержит «количественной» информации, как это сделано в тезисах. Несколько заключительных фраз в разделе научной новизны носят общий характер.

2. Два из трех актов использования результатов диссертации составлены в рамках структурных подразделений НИ ТПУ. Целесообразно было бы объединить их в единый акт, подписанный соответствующей комиссией и утвержденный руководством университета.
3. Стил ь написания диссертации – хороший, если не сказать больше. Имеются незначительные огрехи оформления, например, во Введении порядок ссылок на литературу следующий: 4, 5, 10, 9, 160... (видимо, список литературы дорабатывался до самого конца представления диссертации).

### **Общее заключение.**

Общее впечатление о диссертации Д.П. Шабардина - весьма положительное.

1. Представленные диссертация и автореферат Д.П. Шабардина **соответствуют паспорту специальности 05.14.04** – Промышленная теплоэнергетика (п. 1 «Разработка научных основ сбережения энергетических ресурсов в промышленных теплоэнергетических устройствах и использующих тепло системах и установках» и п.8 «Разработка теоретических основ создания малоотходных и безотходных тепловых технологических установок»).
2. **Содержание автореферата полностью соответствует содержанию рукописи диссертации.**
3. Материалы диссертационных исследований достаточно полно **опубликованы** в российских («Химическое и нефтегазовое машиностроение», «Бутлеровские сообщения») и международных высокорейтинговых (входят в 1-2 квартиль базы цитирований Web of Science) журналах («Chemosphere», «Powder Technology», «Journal of Environmental Management», «Energies», «Journal of Cleaner Production», «Fuel Processing Technology»), рекомендованных ВАК для опубликования результатов кандидатских и докторских диссертаций.
4. Диссертантом выполнено **апробирование результатов исследований на всероссийских и международных конференциях**. В частности, в

автореферате и диссертации отмечены авторитетные научные конференции и симпозиумы, проведенные в вузах и исследовательских центрах в Москве, Томске, Новосибирске и других городах.

5. На основании анализа содержания рукописи и автореферата диссертации Д.П. Шабардина можно сделать заключение о том, что диссертация «Утилизация отходов в составе суспензионных топлив для снижения их вредного воздействия на окружающую среду с выработкой энергии» соответствует п.п. 8-12 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете, утвержденного приказом ректора ТПУ 93/од от 06.12.2018 г. (dis.tpu.ru), а её автор, Дмитрий Павлович Шабардин, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика.

**Вавилов Владимир Платонович**

Доктор технических наук, профессор,

(05.02.11-Методы контроля в машиностроении, технические науки),

заведующий научно-производственной лабораторией «Тепловой контроль»

Инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности

Национальный исследовательский

Томский политехнический университет

Тел. +7 913 821 9749

vavilov@tpu.ru

Подпись В.П. Вавилова заверяю

Ананьева Ольга Афанасьевна,

Ученый секретарь Ученого совета ТПУ

Россия, 634050, Томская область,

г. Томск, пр. Ленина 30, Главный корпус ТПУ, Офис 330

scs@tpu.ru



25.08.2020г.