

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.286.07,
созданного на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет», Министерство науки и высшего образования Российской
Федерации, по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 25.12.2025 г. № 9

О присуждении Ахмед Ашраф Абдулла Ахмед, гражданину Республики Ирак, **ученой степени кандидата технических наук.**

Диссертация «Повышение эффективности сжигания твердого топлива и отходов в котлах малой мощности с колосниковой решеткой», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника, **принята к защите** 24.10.2025 (протокол заседания № 8) **диссертационным советом** 24.2.286.07, созданным на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84, приказ о создании диссертационного совета № 1348/нк от 24 октября 2022 г.

Соискатель Ахмед Ашраф Абдулла Ахмед, 28.06.1984 года рождения, в 2016 г. с отличием окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ») с присвоением квалификации магистр по направлению 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». С 2021 по 2025 гг. обучался в очной аспирантуре в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» (БГТУ им. В.Г. Шухова) по направлению подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника, направленность образовательной программы «Промышленная теплоэнергетика». В настоящее время работает преподавателем образовательной программы «Теплоэнергетика» Машиностроительного колледжа Университета Тикрит (Республика Ирак).

Диссертация выполнена на кафедре энергетики теплотехнологии ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель - Трубаев Павел Алексеевич, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», кафедра энергетики теплотехнологии, профессор.

Официальные оппоненты:

Слюсарев Михаил Иванович - доктор технических наук, доцент, профессор кафедры криогенных машин, установок и электрогазовой техники ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»;

Муравьев Анатолий Викторович - кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Теплоэнергетика на железнодорожном транспорте», доцент, ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Донецкий национальный технический университет**» (ДонНТУ), г. Донецк, в своем положительном отзыве, подписанном Бирюковым Алексеем Борисовичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой технической теплофизики, и утвержденном Борщевским Сергеем Васильевичем, доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе ДонНТУ, указала, что в диссертации решена важная научно-практическая задача, заключающаяся в повышении эффективности горения, обеспечении полного сгорания горючих веществ в газовой фазе и снижении объема вредных выбросов при сжигании неоднородного твердого топлива в топках печей и котлов малой мощности за счет организации рациональной структуры газового потока в топке и дожига несгоревших соединений и загрязняющих веществ после нее. По своей актуальности, научной новизне, уровню выполнения, научной и практической значимости полученных результатов и личному вкладу автора полностью соответствует критериям, установленным в п. 9-14 «Положение о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 16.10.2024), а её автор, Ахмед Ашраф Абдулла Ахмед, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника.

Соискатель имеет 14 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 14 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы.

В работах лично автору принадлежит: постановка задачи, выбор и разработка метода исследования, разработка численной трехмерной модели, разработка методик анализа, обработка и обобщение полученных результатов исследования, рекомендации по организации рациональной структуры газового потока и дожига несгоревших соединений и загрязняющих веществ, формирование выводов и заключения.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. **Ахмед, А.А.** Выбор конструкции газохода для дожига вредных веществ в котлах малой мощности, сжигающих RDF-топливо / А.А. Ахмед,

П.А. Трубаев // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2025. – № 2. С. 17-26. (K2)

2. **Ахмед, А.А.** Сравнительный анализ образования загрязняющих веществ при сжигании твердых бытовых отходов в неподвижном слое на колосниковой решетке в топке малой мощности / А.А. Ахмед, П.А. Трубаев, Р.С. Рамазанов // Промышленная энергетика. – 2025. – № 2. С. 37-44. (K2)

3. **Ахмед, А.А.** Исследование режимов горения RDF-топлива в котле малой мощности при изменении влажности топлива и коэффициента избытка воздуха / А.А. Ахмед, П.А. Трубаев // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2025 – № 3. – С. 13-21. (K2)

4. **Ahmed, A.A.** Combustion of Granulated Solid Fuels and Wood and Domestic Waste Processing: A Comprehensive Review / A.A. Ahmed, P.A. Trubaev, I.T. Nazzal // International Journal of Energy Production and Management. – 2025. – Vol. 10(2). – P. 207-221. DOI: 10.18280/ijepm.100205 (Q2, Белый список – K2).

5. **Ahmed, A.A., Trubaev P.A., Ramazanov R.S.** CFD Modelling and Optimization of Solid Waste Combustion in a 1 MW Fixed Bed Combustion Chamber / A.A. Ahmed, P.A. Trubaev, R.S. Ramazanov // Journal of Advanced Research in Numerical Heat Transfer. – 2024. – Vol. 23, Issue 1. – P. 66-87. DOI: 10.37934/arnht.23.1.6687 (Q3).

В опубликованных работах полностью изложены основные научные результаты диссертационного исследования. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На автореферат диссертации поступило 8 отзывов (все отзывы положительные), в них содержатся следующие замечания:

1. *Алферова Елена Леонидовна*, канд. техн. наук, научный сотрудник лаборатории рудничной аэродинамики *ФГБУН Института горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН*: не определена предельная влажность топливных материалов для подачи на сжигание. Влажность рассмотрена с большим шагом - 20 %, и при 50 % минимальное время прохождения после завершения горения не превышает 2 с. И только на этом основании говорится о значении влажности. Предельное количество влаги в топливе имеет значение при подготовке отходов к утилизации, т.к. чем выше она будет, тем меньше ресурсов будет затрачено на подготовку ТКО к сжиганию; чем объясняется немонотонность изменения минимального времени прохождения после завершения горения в табл. 7 для $\alpha=1.4$ при различной влажности? Для среднего времени при тех же α и влажности, а также для остальных значений α при влажности 10% наблюдается только либо рост, либо снижение времени при изменении параметров; в автореферате отсутствует оценка воздействия исследованной технологии на окружающую среду.

2. *Бухмиров Вячеслав Викторович*, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Теоретические основы теплотехники», *Ивановский*

государственный энергетический университет имени В.И. Ленина: непонятно каким образом происходит на полигоне твердых отходов использование тепловой энергии нагретого в котле-утилизаторе теплоносителя?; следует пояснить термин «рациональная структура газового потока» на с.6 автореферата; математическая модель верифицирована на сжигании в котле твердого топлива известного состава и заданной влажности. В автореферате нет сведений о зависимости режимов огневой утилизации твердых отходов (мусора) от их морфологического состава, который по определению не может быть однородным и известной влажности; в автореферате отсутствует информация о математическом сопряжении процессов тепломассообмена на границе: горящий слой твердого топлива - зона дожигания над поверхностью слоя; возможно ли оценить экономический эффект от внедрения разработанной установки огневой утилизации твердых отходов?

3. *Ваньков Юрий Витальевич*, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и системы теплоснабжения», *Казанский государственный энергетический университет*: без замечаний.

4. *Губарев Василий Яковлевич*, канд. техн. наук, доц., заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика», *Липецкий государственный технический университет*: доля несгоревших горючих веществ топлива определяется только по химическому недожогу, тогда как при сжигании любого твердого топлива имеет место механический недожог; совершенно не стыкуются размерности величин в финальной части уравнения 3 (с. 10), теплоемкость указана в кДж/кг·К, теплота сгорания в МДж/кг, т.е. в знаменателе складываются кВт и МВт; совершенно непонятно почему увеличение температуры подаваемого воздуха снижает КПД топки и увеличивает удельные выбросы.

5. *Ежов Владимир Сергеевич*, д-р техн. наук, проф., проф. каф. Инфраструктурных теплоэнергетических систем, *Зайцев Олег Николаевич*, д-р техн. наук, проф., и.о. зав. каф. Инфраструктурных теплоэнергетических систем, *Юго-Западный государственный университет* (г. Курск): не совсем ясно из автореферата, что автор подразумевает под понятием «неоднородного твердого топлива в топках печей» - или состав топлива или его теплоту сжигания?; все же возможность использования ТБО доказана достаточно давно, вопрос о проценте замещения топлива в ТГУ, поэтому вывод о том, что «результаты работы доказывают возможность использования отходов в качестве топлива при использовании предложенных режимов горения» не является новым; желательно было привести в автореферате основной состав ТБО и условия исключения образования фуранов в дымовых газах.

6. *Карнаух Виктория Викторовна*, д-р техн. наук, доц., проф. каф. холодильной и торговой техники им. Осокина В.В., *Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского*: в автореферате на с. 9 указано, что «КПД котла не в полной мере характеризует горения». Необходимо пояснить эту фразу; на с. 13 автореферата сказано о

совпадении обобщенного критерия выбросов, полученного по результатам измерений с расчетными данными, тог да как на рис. 4 имеются заметные отличия.

7. *Картавец Сергей Владимирович*, д-р техн. наук, проф., проф. каф. теплотехнических и энергетических систем, *Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова*: из автореферата неясно какие виды энергии производятся для местного энергоснабжения и не конкретизированы потребители этих видов энергии в пределах или вблизи полигонов ТКО. Большой практический интерес представил бы баланс мощностей поступления ТКО на полигон, переработки по исследуемому варианту и мощности потребления энергии. Можно предположить, что мощность потребителей является лимитирующим звеном в этой цепи и определяет общую динамику жизненного цикла полигона.

8. *Ковальногов Владислав Николаевич*, д-р техн. наук, проф., зав. каф. «Тепловая и топливная энергетика», *Генералов Дмитрий Александрович*, канд. техн. наук, доц., доц. каф. «Тепловая и топливная энергетика», *Ульяновский государственный технический университет*: из автореферата не ясно, проводилось ли исследование влияния конструкции колосниковой решетки на эффективность горения, учитываются ли потери с физическим теплом шлаков, в случае их образования при сжигании ТКО. Не ясно, как оценивали равномерность газового потока в топке; в автореферате не приведены характеристики твердотопливного котла, на котором проводились промышленные испытания, что затрудняет восприятие результатов испытаний.

Выбор официальных оппонентов обоснован их высокой компетентностью в области лабораторного и вычислительного эксперимента и теплотехники, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, а также их согласием.

Выбор ведущей организации обоснован ее достижениями в области развития теплофизики и теплоэнергетики и способностью определить научную и практическую ценность диссертационной работы, а также ее согласием. Научно-исследовательская деятельность кафедры технической теплофизики соответствует теме диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны методика, позволяющая получать локальные характеристики процесса горения и производить экологическую оценку сжигания топлива, отличающаяся тем, что исследования предметно-ориентированы для твердотопливных котлов малой мощности для сжигания топлива в неподвижном слое с определением границ области горения и полноты разложения загрязняющих веществ котла;

предложены способ осуществления полного сгорания топлива и дожига загрязняющих веществ, заключающийся в обеспечении равномерности распределения скоростей по поперечному сечению потока газа и отличающийся тем, что эффективность горения и уменьшение

образования загрязняющих веществ обеспечивается рациональным аэродинамическим режимом;

доказано, что на эффективность горения твердого топлива и отходов в топках котлов малой мощности с колосниковой решеткой оказывает влияние значения коэффициента избытка воздуха и равномерность газового потока в топке; полное сгорание топлива и последующее нахождение продуктов горения при температурах более 850°C более 2 секунд возможно обеспечить при коэффициенте избытка воздуха 1,4–1,8 и влажности топлива 10–30%, что позволяет повысить КПД топки на 5,7% и снизить выбросы на 0,021 г/МВт;

введены критерии эффективности горения топлива в топке, отличающиеся тем, что включают параметры газового потока на выходе из нее; обобщенный критерий выбросов, отличающийся тем, что позволяет сравнивать выбросы топлив различного состава и качества.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что топливо, подготовленное из твердых коммунальных отходов, не имеет отличий от природных твердых топлив и при низкой влажности по показателям образования загрязняющих веществ даже лучше них; полное сгорание топлива и дожиг загрязняющих веществ возможен только при вертикальном потоке газа, позволяющем избегать резкого изменения направления движения газового потока;

применительно к проблематике диссертации результативно **использованы** методы компьютерного моделирования в CFD-системах с верификацией модели по данным промышленных испытаний и известным расчетным методикам образования загрязняющих веществ; методы теплотехнических испытаний промышленных топливосжигающих агрегатов;

изложен подход к численному моделированию процесса горения твердого топлива в неподвижном слое на колосниковой решетке с помощью системы CFD-моделирования, позволяющий с требуемой точностью и приемлемыми временными затратами выполнять проектирование, наладку и рационализацию работы котлов малой мощности, сжигающих твердое топливо или отходы, и производить экологическую оценку сжигания топлив;

раскрыты особенности влияния режима сжигания твердого топлива или отходов в котлах на эффективность горения и образование вредных веществ;

изучены закономерности влияния режима сжигания на эффективность горения и образование вредных веществ;

проведена обработка результатов численного моделирования, позволившая определять время нахождения продуктов горения в расчетной области после завершения горения.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены способ построения расчетной модели для сжигания твердого топлива в неподвижном слое в топках печей и котлов малой мощности; метод расчета времени течения газового потока после завершения горения по данным линий тока, сгенерированным при

моделирования твердотопливного котла в ANSYS Fluent; способ осуществления полного сгорания топлива и дожига загрязняющих веществ, заключающийся в обеспечении равномерности скоростей по поперечному сечению потока газа;

определены режимы горения, обеспечивающие использование отходов в качестве топлива котлов малой мощности;

создан подход к применению CFD-моделирования для процесса горения твердого топлива в неподвижном слое на колосниковой решетке с помощью программного комплекса ANSYS Fluent для повышения эффективности горения и экологической оценки сжигания топлив;

представлены результаты, позволяющие оценить необходимые размеры топки и дополнительного газохода, обеспечивающие условия полного сгорания топлива и дожига вредных веществ.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использовались поверенные контрольно-измерительные приборы, а также типовое промышленное оборудование;

теория построена на использовании фундаментальных законов тепломассопереноса, гидрогазодинамики, химического взаимодействия и горения;

идея базируется на обеспечении рационального режима сжигания, прогнозируемого на основании методов вычислительной гидродинамики;

использованы верификация модели по данным функционирования промышленного котла и результатов расчета образования выбросов по общепринятым методикам;

установлено, что адекватность подхода обеспечивается удовлетворительным совпадением экспериментальных данных с результатами расчета по методикам;

использованы специализированное апробированное программное обеспечение.

Личный вклад соискателя состоит в: проведении промышленных испытаний сжигания специализированного подготовленного топлива в твердотопливном котле; статистической обработке полученных экспериментальных результатов; разработке численной трехмерной модели горения слоя твердого топлива в неподвижном слое в топках печей и котлов малой мощности, верификации модели по результатам промышленных испытаний; определении условий и режимов для обеспечения полного сгорания и дожига загрязняющих веществ.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Уделить большее внимание анализу процесса сжигания в твердой фазе и его влияние на КПД

Соискатель Ахмед Ашраф Абдулла Ахмед согласился с замечанием и учтет его в дальнейшей работе.

На заседании 25.12.2025 диссертационный совет принял решение за разработку подхода и способа повышения эффективности горения, обеспечивающего полное сгорания горючих веществ в газовой фазе и снижение объема вредных выбросов при сжигании неоднородного твердого топлива в топках печей и котлов малой мощности за счет организации рациональной структуры газового потока в топке и дожига несгоревших соединений и загрязняющих веществ после нее присудить Ахмед Ашраф Абдулла Ахмед ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 10 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 13 человек, входящих в состав диссертационного совета, проголосовали: за – 11, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного
совета



Ряжских В.И.

Ученый секретарь
диссертационного
совета

Ряжских А.В.

25.12.2025 г.