

Заключение диссертационного совета Д 01.016.03
на базе Государственного образовательного учреждения высшего
профессионального образования «Донецкий национальный университет»
Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики
по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета Д 01.016.03 от «23» декабря 2020 г. № 36.

О ПРИСУЖДЕНИИ

Семергею Владимиру Александровичу
ученой степени кандидата технических наук

Диссертация «Совершенствование технологии сжигания пылеугольного топлива в топках энергетических котлов» по специальности 05.14.04 – промышленная теплоэнергетика принята к защите «15» октября 2020 г., Протокол № 35 диссертационным советом Д 01.016.03 на базе Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донецкий национальный университет», 283001, г. Донецк, ул. Университетская 24 (Приказ МОН ДНР о создании диссертационного совета № 117 от 08.02.2016 г., Приказ МОН ДНР об изменениях в составе диссертационного совета № 442 от 25.04.2017 г., Приказ МОН ДНР об изменениях в составе диссертационного совета № 1280 от 16.09.2020 г.).

Соискатель – Семергей Владимир Александрович, 1979 года рождения, в 2003 году окончил Донецкий национальный технический университет по специальности «Теплоэнергетика» и получил квалификацию – инженер-теплоэнергетик.

Семергей В.А. работает в должности начальника топливо-транспортного цеха ТЕ «Старобешевская ТЭС» РП «Энергия Донбасса».

Диссертация выполнена на кафедре технической теплофизики Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет» Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики, г. Донецк.

Научный руководитель – Бирюков Алексей Борисович, доктор технических наук, профессор, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики, г. Донецк, проректор по научно-педагогической работе, заведующий кафедрой технической теплофизики.

Официальные оппоненты:

1. Дремов Владимир Владимирович, доктор технических наук, профессор, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, профессор кафедры физики, математики и материаловедения;

2. Андрийчук Николай Данилович, доктор технических наук, профессор, Государственное образовательное учреждение высшего образования «Луганский государственный университет им. В. Даля», г. Луганск, директор Института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» (Российская Федерация).

Ведущая организация в своем положительном заключении, подписанном на основании обсуждения и одобрения на заседании кафедры «Энергетика теплотехнологии» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» (11 ноября 2020 г., протокол № 3, подписан заведующим кафедрой «Энергетика

теплотехнологии», к.т.н., доцентом Васильченко Юрием Викторовичем и профессором этой же кафедры, д.т.н., профессором Трубаевым Павлом Алексеевичем, утверждён проректором по научной и инновационной деятельности, д. пед. н., профессором Давыденко Т.М. 11.11.2020 г.) указала, что в диссертационной работе решена важная научно-практическая задача совершенствования технологии сжигания пылеугольного топлива в топках энергетических котлов. Отмечено, что научная значимость полученных результатов заключается в усовершенствовании математической модели выгорания пылеугольного топлива, которое позволило обеспечить возможность учета особенностей выгорания каждой из фракций топлива; разработке способа адаптации математической модели к конкретным условиям за счет использования времени задержки воспламенения в качестве подстрочного параметра; экспериментальном установлении значения константы скорости процесса возгонки летучих при обеспечении предварительного контакта угольной пыли с горячим воздухом; исследовании зависимости глубины выгорания топлива от степени газоплотности топки. Основная практическая значимость заключается в существенном снижении удельного расхода топлива на выработку электроэнергии в условиях Старобешевской ТЭС.

Работа отвечает требованиям п. 2.2 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Семергей Владимир Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – промышленная теплоэнергетика.

Основные результаты диссертационных исследований изложены в 6 научных работах, в том числе в 3 статьях в рецензируемых научных изданиях, в которых согласно нормативным документам ВАК МОН ДНР могут публиковаться результаты диссертационных исследований по специальности 05.14.04 – промышленная теплоэнергетика, 6 публикаций автора включены в наукометрическую базу РИНЦ Российский индекс научного цитирования.

Наиболее значимые работы по теме диссертации.

**В рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК ДНР
по специальности 05.14.04**

1. Бирюков А.Б. Исследование степени выгорания пылеугольного топлива при обеспечении предварительного контакта с горячим воздухом / А.Б. Бирюков, В.А. Семергей // Вестник МЭИ. – 2019. – № 1. – С. 29-34.

2. Бирюков А.Б. Исследование увеличения КПД котла, сжигающего пылеугольное топливо, при повышении степени газоплотности топки / А.Б. Бирюков, В.А. Семергей, И.И. Шевелева // Вестник Иван. гос. энергет. ун-та. – 2018. – № 3. – С. 14-19.

3. Бирюков А.Б. Методика определения времени задержки воспламенения при сжигании пылеугольного топлива в конкретных условиях / А.Б. Бирюков, С.М. Сафьянц, В.А. Семергей и др. // Вестник Иван. гос. энергет. ун-та. – 2018. – № 5. – С. 33-38.

В других изданиях

4. Бирюков А.Б. Исследование параметрической чувствительности математической модели выгорания полифракционного факела / А.Б. Бирюков, В.А. Семергей // Вестник ДонНТУ. – 2017. – № 2 (8). – С. 51-56.

5. Бирюков А.Б. Математическая модель выгорания пылеугольного топлива в топке энергетического котла / А.Б. Бирюков, В.А. Семергей // Вестник ДонНТУ. – 2017. – № 1 (7). – С. 32-37.

6. Бирюков А.Б. Варианты реконструкции котлов типа ТП-100 энергоблоков 200 МВт / А.Б. Бирюков, В.А. Семергей // Энергетические системы: Тр. III Междунар. Науч.-техн. Конф., 29-20.11.2018, Белгород, 2018. – С. 18-22.

На автореферат поступило 6 отзывов. Все отзывы положительные с замечаниями.

Обзор поступивших отзывов:

1. **Максимова А.Ю.**, кандидат технических наук, научный сотрудник отдела теории управляющих систем Государственного учреждения «Институт прикладной математики и механики», г. Донецк.

Отзыв положительный с замечанием:

– Несмотря на то, что автор обосновал правомерность использования упрощенной математической модели процесса выгорания пылеугольного топлива, интересно было бы сравнить результаты моделирования, полученные при помощи упрощенной и полномасштабной модели процесса, базирующейся на дифференциальном описании параллельно протекающих процессов горения, теплообмена и течения двухфазной среды.

2. **Карнаух В.В.**, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры холодильной и торговой техники имени Осокина В.В. ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», г. Донецк.

Отзыв положительный с замечаниями:

- На рис. 1б непонятно, для какой фракции построены кривые 1, 2, 6.
- В тексте автореферата все зависимости, кроме рис. 5, имеют линейный характер, без каких-либо промежуточных точек.
- Текст автореферата перегружен общеизвестными методиками по определению зольности и влаги на рабочую массу твердого топлива, выхода летучих веществ (стр. 9-11).

3. **Баранова О.В.**, начальник отдела комплексного проектирования № 3 ТЕ ДПИ НИИ «Теплоэлектропроект» РП «Энергия Донбасса», г. Донецк.

Отзыв положительный с замечаниями:

– Используемая для изучения вопроса о влиянии степени газоплотности топок на глубину выгорания топлива методика является достаточно простой и в значительной мере базируется на нормативном методе теплового расчета парогенераторов, в то время, как известен ряд современных методик моделирования тепловой работы парогенераторов, базирующихся на описании процессов в виде системы дифференциальных уравнений.

– В автореферате совсем не уделено внимания такому важному вопросу, как методика отбора проб пыли перед горелками, возможно, это связано с ограниченным объемом автореферата.

4. **Жердий А.В.**, директор технический РП «Энергия Донбасса» и **Куцын А.Е.** начальник ПТО РП «Энергия Донбасса», г. Донецк.

Отзыв положительный с замечаниями:

– При составлении математической модели отсутствует прямой учет аэродинамических процессов в топке энергетических котлов.

– Для экспериментального изучения вопроса возгонки летучих при переврезке пылепроводов хорошо было бы иметь большее количество экспериментальных точек.

5. **Черновол П.А.**, начальник технического отдела Филиала №6 «ЯКХЗ» ЗАО «Внешторгсервис».

Отзыв положительный с замечаниями:

– К сожалению, в работе отсутствуют сравнительные характеристики константы скорости процесса выделения летучих веществ, полученных лично автором эмпирическим путем, с результатом работ других исследователей.

– Из автореферата не ясно, почему автором при изучении процесса выхода летучих веществ использована однокомпонентная схема, а не двух или трехкомпонентная схемы расчета выхода летучих веществ.

6. **Бухмиров В.В.**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры теоретических основ теплотехники ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина».

Отзыв положительный с замечаниями:

– Из содержания автореферата можно сделать вывод о том, что математическая модель факела не содержит расчета сложного теплообмена в топке котла. В связи с этим возникает вопрос о точности определения изменения температуры в объеме факела. Каким методом была найдена средняя температура факела.

– При использовании метода математического моделирования следует пояснить метод решения системы дифференциальных уравнений и параметры программной реализации модели.

– Очевидно, что значительный экономический эффект, который указан в диссертации, был получен в результате работы коллектива ученых, поэтому необходимо указать доленое участие диссертанта.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью оппонентов и сотрудников ведущей организации по теме рассматриваемой диссертационной работы, наличием у них весомых научных публикаций, связанных с технологиями сжигания органических топлив.

Диссертационный совет отмечает, что по своей направленности диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.14.04 – промышленная теплоэнергетика, а именно в части следующих направлений исследований:

3.1. Разработка научных основ, методов и средств интенсивного сбережения энергетических ресурсов в промышленных теплоэнергетических устройствах и использующих теплоту системах и установках;

3.4. Разработка новых конструкций теплопередающих и теплоиспользующих установок, обладающих улучшенными эксплуатационными и технико-экономическими характеристиками;

3.5. Оптимизация параметров тепловых технологических процессов и разработка оптимальных схем установок, использующих теплоту, с целью экономии энергетических ресурсов и улучшения качества продукции в технологических процессах;

3.11. Разработка аналитических и численных методов расчета, методов математического и компьютерного моделирования гидродинамических и

тепломассобменных процессов в различных отраслях промышленного производства.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Усовершенствована известная упрощенная математическая модель выгорания полифракционного пылеугольного топлива в факеле. Это позволило производить одновременный учет особенностей выгорания каждой из фракций угольной пыли, определяемых ее размером и зольностью. В плане математической формулировки усовершенствованная модель представлена системой обыкновенных дифференциальных уравнений 1-го порядка, описывающих взаимосвязанное изменение размера частиц каждой из выделенных для рассмотрения фракций.

В результате проведения численных экспериментов доказано существенное влияние количества выделенных для рассмотрения фракций на величину установленного при помощи математической модели механического недожога.

В результате исследования параметрической чувствительности математической модели выгорания полифракционного факела установлено, что наиболее значительное влияние на результаты моделирования оказывает задание плотности коксового остатка и температуры продуктов сгорания при условии её прямого учёта на значение константы скорости реакции.

Разработан способ определения времени задержки воспламенения пылеугольного топлива в конкретных условиях, основанный на использовании усовершенствованной математической модели и фактического установленного значения параметра механического недожога. Обосновано, что установленные значения времени задержки воспламенения могут быть использованы для адаптации модели в любых конкретных условиях. При помощи разработанной методики установлено, что до реконструкции пылеугольных горелок парогенераторов ТП-109 Старобешевской ТЭС время задержки воспламенения

находилось в диапазоне от 0,9 до 1,2 с, а после замены горелок на лопаточно-улиточные с усовершенствованными параметрами крутки оно уменьшилось до 0,41-0,51 с. Это позволило объяснить экспериментально зафиксированное сокращение механического недожога на 1,4-3,1% после проведения такой реконструкции.

В производственных условиях доказано существенное снижение механического недожога при обеспечении предварительного теплового контакта горячего первичного воздуха и угольной пыли. Обосновано, что основной причиной снижения механического недожога является выделение летучих веществ из топлива до его попадания в топку котла, выделение энергии от сжигания которых ускоряет процесс выхода оставшейся части летучих веществ, прогрев частицы и ее воспламенение, и, таким образом, приводит к уменьшению времени задержки воспламенения.

Экспериментально установлено значение константы скорости процесса возгонки летучих веществ из низкорреакционных углей по однокомпонентной схеме, которое при обеспечении предварительного контакта топлива с горячим воздухом в условиях Старобешевской ТЭС составляет $0,302 \text{ с}^{-1}$.

При помощи специально разработанного алгоритма исследована зависимость глубины выгорания топлива и определяющих теплотехнических параметров процесса от степени газоплотности топки. Установлено, что в пределах при переходе от типовой щелевой топки к абсолютно газоплотной топке адиабатная температура горения растет на величину порядка 20°C , средняя температура факела увеличивается на 11°C , это приводит к росту значения константы скорости реакции на 7% и определяет снижение механического недожога на 0,2-0,3%.

В результате внедрения всех отработанных в диссертации технологических приемов достигнуто снижение концентрации золы в дымовых газах от 4079 мг/м^3 до 2746 мг/м^3 , запылённость дымовых газов снизилась от $37,80 \text{ мг/м}^3$ до $19,73 \text{ мг/м}^3$, мощность выбросов золы в атмосферу уменьшалась от $700,9 \text{ г/с}$ до $419,0 \text{ г/с}$.

Результаты диссертационного исследования внедрены на Старобешевской ТЭС. Благодаря этому достигнуто снижение удельного расхода топлива с 425 г/кВт·ч до 385 г/кВт·ч. Таким образом, при условии внедрения предложенных конструктивных решений, себестоимость 1 кВт·ч снизилась на 0,06 рос. руб. с 0,638 рос. руб до 0,578 рос. руб. Если учесть, что в 2018 году была Старобешевская ТЭС выработала 7 445 612 тыс.кВт·ч, то годовая экономия составила 446 736 720 рос. руб.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

1. Усовершенствована известная упрощенная математическая модель выгорания пылеугольного топлива, что обеспечило возможность одновременного учета особенностей выгорания каждой из фракций угольной пыли, определяемых ее средним размером и зольностью, при ее использовании для исследования глубины выгорания полифракционного ПУТ.

2. Впервые экспериментально установлено значение константы скорости процесса возгонки летучих веществ при обеспечении предварительного теплового контакта угольной пыли из углей марок А и Т с горячим воздухом, достигаемого за счет переврезки пылепроводов высокой концентрации в условиях котлов ТП-100 Старобешевской ТЭС.

3. В результате проведения численных экспериментов установлены закономерности влияния степени газоплотности топки на определяющие технологические параметры процесса и глубину выгорания топлива, что является развитием известных представлений о совершенствовании процесса сжигания пылеугольного топлива.

4. Впервые разработан способ адаптации математической модели выгорания пылеугольного топлива за счет введения в модель в качестве подстроечного параметра времени запаздывания воспламенения. Определение значения этого параметра в конкретных условиях производится на основании сопоставления результатов моделирования выгорания полифракционного пылеугольного топлива и доли несгоревшего углерода в золе уноса.

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

- разработан комплекс методик для планирования и проведения работ по повышению эффективности сжигания ПУТ в топках энергетических котлов;

- с помощью усовершенствованной математической модели обеспечена возможность прогнозирования величины механического недожога конкретных условиях при заданном фракционном составе топлива. Эта информация важна для обоснования рациональных параметров размола угля и экономии энергетических ресурсов;

- разработанный способ адаптации математической модели делает возможным ее использование для любых энергетических котлов, сжигающих пылеугольное топливо;

- способ установления значений констант скорости процесса возгонки летучих при предварительном прогреве угольной может быть реализован в условиях любой ТЭС; с использованием этих значений производится определение целесообразности переврезки пылепроводов высокой концентрации (при сжигании низкорекреационных углей) и рациональных параметров такой реконструкции;

- установленные закономерности зависимости глубины выжигания пылеугольного топлива от степени газоплотности топки позволяют определить рациональные параметры реконструкции в конкретных условиях;

- все результаты диссертационного исследования внедрены в условиях Старобешевской ТЭС за период с 2010 по 2016 г., что позволило достичь снижение величины механического недожога и обеспечить планомерное сокращение удельного расхода условного топлива с 425 до 380 г/(кВт·ч).

Достоверность результатов исследования основана на корректном использовании базовых положений и принципов теории горения топлива и теплообмена; применении для расчетов апробированных методик выполнения теплового расчета парогенераторов, выполнении всех требований

соответствующих ГОСТов, использовании поверенного и сертифицированного оборудования при выполнении измерений и использовании стандартных верифицированных методов математической статистики для обработки результатов экспериментов.

Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на научных семинарах кафедр технической теплофизики ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет» и физики неравновесных процессов метрологии и экологии ГОУВПО «Донецкий национальный университет»; на международных научно-технических конференциях: XII-ой Международной научной конференции аспирантов и студентов «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» (ДонНТУ, Донецк, 2018); III-ей Международной научно-технической конференции «Энергетические системы» (БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 2018).

Личный вклад соискателя заключается в: выполнении анализа состояния технологий сжигания пылеугольного топлива; исследовании параметрической чувствительности математической модели, адаптации модели к конкретным производственным условиям; проведении численных экспериментов и анализе их результатов; отборе и анализе проб пыли до и после переврезки пылепроводов высокой концентрации; участии в лабораторных исследованиях по определению остаточного содержания летучих веществ и влаги в пробах отобранной пыли; обработке результатов экспериментов при помощи методов математической статистики и определении значений константы скорости возгонки летучих веществ; расчетном изучении влияния факторов использования газоплотных топок на определяющие технологические параметры процесса и глубину выгорания топлива; систематизации подходов по совершенствованию технологии сжигания ПУТ в конкретных условиях.

На заседании от «23» декабря 2020 года диссертационный совет принял

решение присудить Семергею Владимиру Александровичу ученую степень кандидата технических наук

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве **16** человек, в том числе **1** в удаленном интерактивном режиме, из них **5** докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в голосовании, из **22** человек, входящих в состав совета, проголосовали:

- за – **16**;
- против – **0**;
- воздержались – **0**.

Председатель
диссертационного совета Д 01.016.03
д-р техн. наук, профессор

В.И. Сторожев

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 01.016.03
д-р физ.-мат. наук, доцент

И.А. Моисеенко

25.12.2020 г.

ПОДПИСЬ
ЗАВЕРЯЮЩИЙ



УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Н. МИХАЛЬЧЕНКО