

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д.222.001.01 на базе ОАО «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический научно-исследовательский институт»
по диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук
аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «10» ноября 2016 г. протокол N 12
О присуждении **Рябову Георгию Александровичу**, гражданину РФ, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Научное обоснование использования технологии сжигания твердых топлив в циркулирующем кипящем слое» в виде рукописи по специальности 05.14.14 - «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты» принята к защите «26» июля 2016 г, протокол № 10 диссертационного совета Д.222.001.01 на базе ОАО «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический научно-исследовательский институт» (ОАО «ВТИ»), адрес: 115280, г. Москва, Автозаводская, 14 (приказ № 156/нк от 01.04 . 2013 года).

Соискатель Рябов Георгий Александрович, 1947 г рождения работает в ОАО «ВТИ» заведующим лабораторией специальных котлов отделения парогенераторов и топочных устройств.

В 1972 году соискатель окончил Московский Энергетический институт. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук защитил в 1986 году на тему «Исследование процессов и усовершенствование методов расчета сепарации пара и гидравлики водяного объема барабанов-сепараторов АЭС с реакторами типа РБМК», в диссертационном совете, созданном на базе Всесоюзного дважды ордена Трудового Красного знамени теплотехнического научно-исследовательского института.

Диссертация выполнена в ОАО «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический научно-исследовательский институт»

Официальные оппоненты:

1. **Росляков Павел Васильевич** - гражданин РФ, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры ПГТ ФГБОУ ВПО Национальный исследовательский университет «МЭИ»;
 2. **Рыжков Александр Филиппович** - гражданин РФ, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры ТЭС, Уральский федеральный университет им. первого президента России Б. Н. Ельцина.
 3. **Зайченко Виктор Михайлович** – гражданин РФ, доктор технических наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом «Распределенные энергетические системы» Объединенного института высоких температур РАН
- дали положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация ОАО «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова» («НПО ЦКТИ»), г. Санкт-Петербург в своем положительном заключении, подписанном заместителем председателя НТС, главным научным сотрудником отдела прочности и ресурса энергооборудования, д.т.н., профессором Судаковым Александром Вениаминовичем, заместителем

генерального директора - заведующим отделением котельных установок, к.т.н. Бреусом Владимиром Ильичом, заведующим лабораторией подготовки и сжигания топлив, к.т.н. Шестаковым Николаем Сергеевичем и утвержденном генеральным директором Михайловым В.Е. указала, что докторская диссертация Рябова Георгия Александровича представляет собой научно-квалификационную работу на актуальную тему и соответствует критериям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.14 - «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты».

Соискатель имеет 145 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 103 работы. Основное содержание выполненных исследований, научных и методических разработок изложено в 37 журнальных статьях (34 - в рецензируемых научных изданиях), 53- докладах в сборниках международных конференций (из них 27 на английском языке), 4- статьях в сборниках научных статей, 4- информационных сборниках и учебных пособиях и 5- описаниях к авторским свидетельствам. Большинство статей выполнены соискателем в соавторстве. Авторский вклад заключается в получении основных данных, их анализе, интерпретации, окончательном редактировании представления. Общий объем - 120 печатных листов.

Список наиболее важных работ соискателя:

1. **Рябов, Г.А.** Проблемы создания котлов с циркулирующим кипящим слоем для крупных энергоблоков [Текст] / Г. А. Рябов, Д. А. Шапошник // Электрические станции. – 2000. – №9. – С. 18 – 23.

Рассмотрены вопросы использования технологии сжигания топлив в циркулирующем кипящем слое (ЦКС) для крупных энергоблоков. Современные модификации технологии ЦКС позволяют снизить металлоемкость и массу футеровки, уменьшить время пуска из холодного состояния и увеличить компактность. Опыт исследований и эксплуатации котлов ЦКС ведущих зарубежных компаний свидетельствует о возможности успешного внедрения крупных котлов ЦКС и их конкурентоспособности с традиционными технологиями сжигания для блоков мощностью 300 МВт и более. Технология ЦКС может сочетаться с высокими, в том числе суперкритическими, параметрами пара, позволяя применять более дешевые и хорошо опробованные марки сталей.

2. **Ryabov, G. A.** Solid separation in upper part of CFB riser [Text] / G. A. Ryabov, O. M. Folomeev, D. A. Shaposhnik // Proc. of the 8th Int. Conf. on CFB, 10 – 13May, 2005. –China, Hangzhou, 2005.

Показано, что в верхней части установок с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС) на входе в циклоны происходит сепарация частиц. Не поступившие в циклон частицы образуют внутреннюю циркуляцию. Дано описание стендовой установки и конструкций выходного окна. Приведены опытные данные и даны зависимости для расчета подъемного потока частиц и КПД их улавливания в верхней части топки с ЦКС.

3. **Рябов, Г. А.** Перспективы использования технологии ЦКС при техническом перевооружении ТЭС России [Текст] / Г. А. Рябов, О. М.Фоломеев, Д. С Литун [др.] // Теплоэнергетика. – 2009. – № 1. – С. 28 – 36.

В статье представлен краткий обзор современного состояния и развития технологии ЦКС

в мире. Рассмотрены вопросы повышения единичной мощности и параметров пара. Дана оценка показателей и описание котлов с ЦКС для блоков 225 и 330 МВт применительно к условиям сжигания различных отечественных топлив. Выполнено сравнение показателей котлов с ЦКС и пылеугольных. На примерах сравнений капитальных и эксплуатационных затрат для новых угольных энергоблоков показана область наиболее перспективного использования технологии ЦКС при техническом перевооружении ТЭС России.

4. Рябов, Г. А. Обоснование расчета топочного контура котлов с циркулирующим кипящим слоем [Текст] / Г. А. Рябов, О. М. Фоломеев // Теплоэнергетика. – 2011. – № 6. – С. 12 – 18.

Представлены данные по обоснованию основных зависимостей для расчета гидродинамики топочного контура, включая профиль концентраций, расход циркулирующего материала, улавливание частиц на выходе из топки, улавливание частиц в сепараторах, гидродинамики стояков и затворов применительно к условиям работы котлов с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС). Дано описание зависимостей для расчета теплообмена к экранам. Дан анализ ряда известных моделей расчета котлов с ЦКС. Дано краткое описание методических подходов при проведении конструкторского и поверочного расчета котла с ЦКС.

5. Рябов, Г. А. Котлы с циркулирующим кипящим слоем на сверхкритические параметры пара [Текст] / Г. А. Рябов // Электрические станции. – 2013. – № 9. – С. 14 – 22.

Рассмотрены вопросы использования суперкритических параметров пара при сжигании твердых топлив в котлах с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС). Показано, что в мировой практике уже давно освоены повышенные параметры пара при использовании технологии ЦКС. Даны результаты обобщения зарубежных исследований, связанных с разработкой блоков с котлами ЦКС мощностью 600 – 800 МВт. Рассмотрены вопросы выбора параметров пара, на основе экономических обоснований, существенно зависящих от местных условий. Представлены данные по выбору материалов труб и обмуровки котлов с ЦКС на высокие параметры пара. Даны предпосылки к внедрению котлов с ЦКС на крупных блоках с суперкритическими параметрами пара в России.

6. Рябов, Г. А. Исследование граничных режимов движения твердых материалов в циркуляционных контурах энергоустановок [Текст] / Г. А. Рябов, О. М. Фоломеев, Д. А. Санкин, Д. А. Мельников // Теплоэнергетика. – 2014. № 11. – С. 1 – 10.

Рассмотрены вопросы граничных режимов при опускном движении материала в стояках и пневматических затворах циркуляционных контурах котлов с циркулирующим кипящим слоем и системах со связанными между собой реакторами (полигенерирующие системы для получения электроэнергии, тепла и полезных продуктов и химические циклы сжигания и газификации топлив). Разработана расчетная модель для определения показателей ожигения при начале движения материала в L-клапанах и петлевых затворах. Выполнено экспериментальное исследование условия начала и прекращения движения материала в L-клапане. Определены границы перехода к поршневому режиму (по зарубежной терминологии – слаггинг).

7. Рябов, Г. А. Опыт сжигания различных видов биомассы в России и Белоруссии [Текст] / Г. А. Рябов, Д. С. Литун, Е. А. Пицуха [др.] // Электрические станции. 2015. – № 9. – С. 9 – 17.

На примерах использования котлов для сжигания биомассы показаны основные проблемы и возможные пути их преодоления для эффективного и экологически чистого сжигания древесных и сельскохозяйственных отходов. Даны рекомендации по проектированию, наладке

и эксплуатации котлов.

8. Рябов, Г. А. Результаты расчетных и экспериментальных исследований гидродинамики циркуляционных контуров в аппаратах с циркулирующим кипящим слоем и системах со связанными реакторами [Текст] /Г. А. Рябов, О. М. Фоломеев, Д.А. Санкин, Д. А.Мельников // Теплоэнергетика. – 2015. № 2. – С. 33 – 40.

Рассмотрены вопросы расчета контура циркуляции в аппаратах с циркулирующим кипящим слоем и системах со связанными между собой реакторами (полигенерирующие системы для получения электроэнергии, тепла и полезных продуктов и химические циклы сжигания и газификации топлив). Разработана методика расчета контура циркуляции частиц применительно к котлам с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС) и системам со связанными между собой реакторами с кипящим слоем (КС) и ЦКС. Выполнены экспериментальные исследования гидродинамики контура циркуляции на аэродинамической установке, определены опытные значения сопротивления горизонтальной части L-клапана, которые удовлетворительно соответствует разработанной расчетной зависимости.

9. Ryabov, G. A. Hydrodynamics of Interconnected Reactors for Polygeneration Systems and Chemical Looping Combustion and Gasification[Text] / G. A. Ryabov, O. M. Folomeev, D. A. Sankin, D. A. Melnikov// JP Journal of Heat and Mass Transfer. – 2016. – Vol. 13. – № 1.

Показана важность исследований гидродинамики связанных между собой реакторов с циркулирующим кипящим слоем для полигенерирующих систем и сжигания и газификации топлив в химических циклах с сепарацией CO₂. Даны расчетные зависимости для определения основных показателей гидродинамики связанных между собой реакторов. Приведены экспериментальные данные, полученные на аэродинамической модели системы со связанными реакторами. Дана модель расчета давлений в системе связанных между собой реакторов, которая обеспечивает хорошее соответствие с опытными данными.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от различных категорий предприятий, связанных с тематикой диссертационной работы

16 отзывов. Все отзывы положительные. В 14 отзывах имеются замечания.

1 ФГАОУ ДПО «ПЭИПК» Челябинский филиал, д.т.н., профессор кафедры эксплуатации теплоэнергетического оборудования, старший научный сотрудник Алехнович А. Н.

1) Представляется, что одним из наиболее востребованных и внедряемых направлений применения котлов с циркулирующим кипящим слоем в нашей стране может быть сжигание нефтяного кокса.

2 ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», заведующий кафедрой «Парогенераторостроение и парогенераторные установки», д.т.н., профессор Заворин А. С

1) Учитывая значительный прогресс в освоении котлов с ЦКС, достигнутый в ряде стран, таких как Китай, Польша, США, было бы полезно отметить в автореферате те положения, по которым передовой зарубежный опыт способствовал получению оригинальных результатов диссертационной работы.

2) Значительная часть исследований выполнена посредством моделирования процессов на физических моделях, что связано с необходимостью соблюдения

условий подобия. Представляется, что в автореферате этому аспекту уделено мало внимания.

3) Часть иллюстраций (рис. 1,3,4,11,12) выполнена в масштабе, который затрудняет их восприятие, особенно слишком мелких обозначений, надписей и размеров.

3 ФГБЦУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», заведующий кафедрой «Энергообеспечение предприятий и теплотехника», д.т.н., профессор Жуков Н. П.

1) В автореферате не дано описание методики определения теплообмена к настенным экранам на аэродинамической модели, что затрудняет понимание полученных результатов.

2) В главе 8 рассмотрены вопросы агломерации слоя. Предложен механизм процесса на основе взаимодействия силикатов с щелочными элементами золы. Однако, для различных видов биомассы, например, сельскохозяйственных отходов могут быть существенными и другие механизмы, о которых автор умалчивает.

4 ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», **УралЭНИН,** заведующий кафедрой теплоэнергетики и теплотехники УралЭНИН, д.т.н., профессор Мунц В. А.

1) В автореферате диссертации не представлена методика определения коэффициента теплообмена, не ясно, в каких условиях он определялся, при топочных температурах или в низкотемпературных условиях?

2) Представленные на рисунке 7 экспериментальные данные даже при одном размере частиц (при одинаковой объемной концентрации частиц) обладают существенным разбросом. Связано ли это с точностью эксперимента, либо есть еще какие-то неучтенные параметры?

3) Не приведено сопоставление собственных экспериментальных данных с данными других исследователей.

4) Некоторые рисунки автореферата (рис. 4, 11, 12) практически не читаются.

5 ФГБЦУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова» и ООО «ПроЭнергоМаш-Проект», д.т.н., профессор кафедры котло- и реакторостроения Пузырев Е. М., заместитель директора по научной работе, к.т.н., руководитель группы Голубев В. А.

1) В качестве замечания следует отметить, что данная методика представлена не как типовые «Нормы теплового расчета...», а в неявном виде, без привычных номограмм, подробных инструкций, иллюстраций и др., что снижает достоинства рассматриваемой работы, охватывающей большой круг вопросов и проблем создания котлов с ЦКС.

6 Таллиннский технический университет, старший научный сотрудник института теплотехники, к.т.н. Д. Нешумаев

1) К сожалению, в автореферате в полной мере отсутствует сравнение с имеющимися в открытой литературе моделями расчета ЦКС установок, например разработанной в Hamburg University of Technology (NUHN), в International Energy Agency, Chalmers University of Technology.

2) При расчете центробежных циклонов, используемых на ЦКС установках, характеризующихся работой при сильно запыленных газовых потоках

достигающих значений по содержанию твердой фазы 20 кг/кг, используются более новые методики, учитывающие данную особенность, которая оказывает сильное влияние на эффективность сепарации. Например, в работе U. Muschelknauts, определяющая критический уровень запыленности потока, выше которого улавливание частиц происходит без классификации материала. Аналогичное можно сказать и касательно исследованных процессов теплоотдачи.

3) Хотелось бы также обратить внимание на то, что в автореферате не упомянуты происходящие в ЦКС процессы, оказывающие сильное влияние на его работу, это истирание частиц, так называемая первичная и вторичная фрагментация топлива и процессы горения.

7 **ООО «ЗиО-КОТЕС»**, Заместитель генерального директора – технический директор, д.т.н., лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники Серант Ф.А., без замечаний.

8 **Институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН**, главный научный сотрудник, д.т.н., профессор Бурдуков А. П., ведущий научный сотрудник, д.ф.-м.н. Евсеев А. Р.

1) В автореферате предложена зависимость для определения коэффициента скольжения от критериев Фруда по диаметру частиц и скорости транспорта. Однако, в формуле 10 присутствует еще и диаметр аппарата (второй член формулы), что является явной ошибкой и делает зависимость размерной.

2) В автореферате нет описания методики определения эффективности улавливания в циклонах и швеллерковых сепараторах.

9 **Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси**, заведующий лабораторией дисперсных систем, д.т.н., член корр. НАНБ Бородуля В. А., ведущий научный сотрудник, д.т.н. Теплицкий Ю. С.

1) В главе 8 автореферата было бы целесообразно раскрыть вопросы выбора проектных решений по гидродинамике слоя и воздухораспределительной решетке котла с кипящим слоем при сжигании биомассы.

2) В автореферате отсутствует описание погрешностей экспериментов по определению кондуктивного теплообмена.

3) Неясно, как учитывался масштабный фактор при использовании опытных данных, полученных в лабораторных условиях, для расчета промышленных котлов.

10 **ТОО «НИИЦ ERG»**, Республика Казахстан, директор департамента энерготехнологий, д.т.н. Сулейменов К. А.

1) Использование технологии ЦКС во многом определяется возможностью снижения вредных выбросов. Однако, в автореферате не рассмотрены вопросы влияния режимных факторов на генерацию и подавление выбросов оксидов азота и серы.

2) В автореферате нет анализа погрешностей определения одного из главных показателей – расхода циркулирующего материала.

11 **ОАО ТКЗ «Красный котельщик»**, главный конструктор Иваненко В. В., начальник отдела по развитию НИОКР, к.т.н. Безгрешнов А. Н., главный специалист отдела по развитию НИОКР, к.т.н. Озеров А. Н.

1) В формулах (1 – 5) на стр. 16 реферата не определены (и не обозначены на рисунках) высоты h_T , h_K , $h_{ЭКР}$, кроме того, неясны размерности этих величин.

Если верхний индекс у этих высот (k_d или $k_d - 1$) – это показатель степени, а сами высоты имеют размерность длины, то формулы (1 – 5) не удовлетворяют теории размерностей. Если же это только индексы, а сами высоты имеют размерность длины, то размерности величины A в формулах (1, 2, 5) получаются различными. Если же высоты $h_i, h_T, h_K, h_{экр}$ безразмерны (тогда к чему они отнесены?), то размерности величины A в формулах (1, 2, 5) тоже получаются различными.

2) На рис.5 (стр. 17 реферата) отсутствует шкала значений для относительной концентрации. На этой же странице нет определения для «потока нетто» и вызывает сомнение использование термина «радиальный профиль» для топки квадратного сечения.

3) Нет определения величин $G_{ni+1}, G_{ni-1}, \rho, \rho_T, U_p$ в формулах (6 – 10) на стр. 19 реферата. Из формул (8) и (9) следует равенство величин $\rho_{вых}$ и $\bar{\rho}$, что вызывает сомнение.

4) На стр. 29 реферата при рассмотрении потерь с химическим недожогом q_3 вместо CO ошибочно написано CO_2 .

5) На стр. 34 реферата вызывает сомнение формула для отношения расхода добавленного материала к расходу золы: $\frac{G_{доб}}{G_{зл}} = 0,05 \cdot \frac{S_{зл} - S_{ун}}{S_{сл}}$.

Наше рассмотрение материального баланса и баланса натрия и калия приводит к формуле: $\frac{G_{доб}}{G_{зл}} = 0,05 \cdot \frac{20 \cdot S_{зл} - 19 \cdot S_{ун} - S_{сл}}{S_{сл}}$.

6) На стр. 21 реферата указано, что «Объёмная концентрация частиц в пристенной зоне была определена на основании данных по теплообмену». В тоже время «расчёт контактного теплообмена проводится по объёмной концентрации частиц в пристенной зоне» (стр.20). Что является первичным?

7) В оформлении автореферата имеются ошибки редакционного характера.

12 **ООО «Газпромэнергохолдинг»**, заместитель директора по производству Петелин С. А.

1) В автореферате не уделено достаточного внимания вопросам определения выбросов оксидов азота и серы в котлах с ЦКС.

2) Учитывая ввод первого в РФ котла с ЦКС на блоке 330 МВт Новочеркасской ГРЭС, было бы целесообразно рассмотреть влияние фракционного состава топлива на показатели котла, основываясь на данных по гидродинамике и теплообмена в топке.

13 **АО «Институт Теплоэлектропроект»**, главный инженер Кучеров В. В., зам. гл. инженера – начальник технического отдела, к.т.н. Шабанов И. И., зам. начальника технического отдела, к.ф.-м.н. Григорук Д. Г.

1) В автореферате диссертации не отражены вопросы подготовки топлива, в частности, его дробления и организации оптимального распределения для подачи в топку ЦКС.

2) В автореферате отсутствуют сравнительные экономические оценки о целесообразности применения топок с ЦКС по сравнению с применением пылеугольных котлов с установками сероочистки. Такие сведения были бы полезны как проектировщикам, так и заказчикам строительства котлов с ЦКС.

14 **Филиал ПАО «ОГК-2» - Новочеркасская ГРЭС**, Исполняющий обязанности директора Кухмистров С. Д.

1) В автореферате на стр.36 вводится сокращение «ЭТК», которое никак не раскрывается.

2) Было бы целесообразно дать более подробное обоснование влияния свойств топлив на выбор основных показателей котла с ЦКС при конструкторском расчете.

15 Институт угольных энерготехнологий НАН Украины, исполняющий обязанности заместителя директора по научной работе, д.т.н., старший научный сотрудник Вольчин И. А., заведующий лабораторией топливных проблем энергетики, к.т.н., старший научный сотрудник Чернявский Н. В.

1) На стр.29 предельное значение концентрации 100 мг/нм^3 ошибочно отнесено к CO_2 . Если его отнести к оксиду углерода, то неясно, на основании каких нормативных документов оно установлено.

2) В автореферате не указано, какой уровень выбросов диоксида серы и оксидов азота обеспечивает сжигание углей в ЦКС в зависимости от характеристик топлива и условий сжигания, и насколько достижимые уровни соответствуют современным экологическим нормам.

3) Ряд параметров для расчета котлоагрегатов ЦКС, приведенных в табл.1, вызывают сомнение в их универсальности. Это касается максимальных размеров кусков (верхний предел – 12 мм, тем более 25 мм, может касаться только топлив без прочного золотого каркаса, в противном случае крупные куски золы накапливаются на решетке), доли первичного воздуха (она более существенно зависит от выхода летучих веществ), уровней механического недожога (скорее всего, вместо них приведены уровни содержания горючих в уносе). Кроме того, не учтено, что традиционная оценка уровня горючих в уносе ЦКС по потере массы при прокаливании несет в себе существенную погрешность, связанную с термическим удалением влаги, присоединенной из атмосферы оксидом кальция.

16 ФГБЗУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», Заведующий кафедрой Котло- и реакторостроения, к.т.н. Жуков Е. Б. Без замечаний.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что рекомендуемые оппоненты являются известными специалистами в направлении, разработанном в диссертации, и не имеют общих с соискателем публикаций. ОАО «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова» (ОАО «НПО ЦКТИ») широко известно своими достижениями в области кипящего слоя, теплообмена и разработке новых энергетических технологий и оборудования. Результаты работ, выполненных оппонентами и сотрудниками НПО ЦКТИ, публикуются в научных журналах, в том числе рекомендованных ВАК.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны и научно обоснованы новые методы расчета и экспериментальные методики, позволившие выявить новые закономерности гидродинамики аппаратов с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС), взаимосвязи гидродинамики в пристенной зоне и кондуктивного теплообмена, сепарации и опускного движения частиц;

предложены оригинальные подходы к расчету контура циркуляции аппаратов с ЦКС и связанных между собой реакторов с ЦКС для новых применений в полигенерирующих системах и при сжигании и газификации топлив в химических циклах;

доказана перспективность использования технологии ЦКС при техническом перевооружении ТЭС России.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения и разработаны новые методы расчета основных показателей установок с ЦКС на базе теории двухфазных потоков газ – частицы с использованием эмпирических зависимостей, предложенных соискателем;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс известных и новых экспериментальных методик;

изложены положения, позволяющие связать в единый комплекс расчетных методик явления гидродинамики и теплообмена в топках котлов с ЦКС;

раскрыты новые проблемы взаимодействия материала слоя (песка) с щелочными элементами золы биомассы;

изучены факторы, причинно-следственные связи процессов гидродинамики и тепло-массообмена в котлах с ЦКС;

проведена модернизация и разработаны новые расчетные модели, обеспечивающие получение адекватных результатов.

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

- они использованы при разработке эскизных и технических проектов котельных установок с ЦКС, инвестиционных проектов технического перевооружения Шатурской, Череповецкой, Новочеркасской и Серовской ГРЭС, Мурманской и Дубровской ТЭЦ, сооружении Новоростовской ГРЭС и других объектов;
- они использованы также при расчете показателей блока № 9 Новочеркасской ГРЭС, включая эффективность сжигания АШ и тощего кузнецкого угля при различных нагрузках котла;
- внедрены рекомендации по предотвращению агломерации слоя на котле с кипящим слоем Архангельского ЦБК;
- работы автора использованы при оптимизации режимов сжигания твердых бытовых отходов в печах с вихревым кипящим слоем;
- разработанные автором методы расчета котлов с ЦКС явились основой для проектирования отечественных котлов с ЦКС для блоков 225 и 330 МВт, а также котлов с ЦКС для перспективных угольных ТЭЦ.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

обоснованность и достоверность научных положений и выводов, приведённых в диссертации, обеспечивается использованием автором принятых в ОАО «ВТИ» методологий проведения научно-исследовательских работ и системы обсуждения и контроля выпускаемой научно-технической продукции, применением проверенных методик проведения и обработки экспериментов, аттестованных приборов и средств измерений. Полученные закономерности и рекомендации базируются на экспериментальных данных и теоретических положениях теплотехники, математического моделирования и фундаментальных наук.

Наблюдается хорошая сходимость полученных теоретических результатов с данными экспериментов на различных установках и промышленных испытаний, результатами эксплуатации технологического оборудования, а также с литературными данными там, где они имеются.

Личный вклад соискателя состоит в:

- разработке методик моделирования и исследований гидродинамики, теплообмена и сепарации частиц;
- руководстве и непосредственном участии в проведении экспериментальных исследований на стендовых установках и промышленных объектах;
- обобщении данных и разработке рекомендаций по расчету элементов топочного контура установок с ЦКС;
- разработке методики теплового расчета котлов с ЦКС и рекомендаций по проектированию котлов с кипящим и циркулирующим кипящим слоем;
- разработке технических решений по котлам с ЦКС для технического перевооружения ТЭС России и технико-экономическом анализе условий наиболее эффективного внедрения котлов с ЦКС;
- проведении аналитических и расчетно-экспериментальных исследований передовых технологий сжигания и газификации топлива в химических циклах.

Диссертационная работа выполнена на высоком профессиональном уровне. Она содержит методики, экспериментальные данные и результаты расчетных исследований, обобщение знаний и закономерностей процессов, протекающих в топочном контуре котлов с ЦКС, и разработанные на их основе методы и программы, обеспечивающие в совокупности возможность достоверных расчетов при проектировании, освоении и эксплуатации таких котлов. В работе изложены научно обоснованные технологические и технические решения, внедрение которых приносит значительный экономический эффект и уменьшает воздействие ТЭС на окружающую среду. Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного и обоснованного плана исследования, непротиворечивой методологией, концептуальностью и взаимосвязью выводов. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Диссертация соответствует п.п. 1,3,4,6 паспорта специальности 05.14.14- «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты».

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой, на основании выполненных автором исследований, решена научная проблема эффективного и экологически чистого использования низкосортных твердых топлив, имеющая важное хозяйственное значение. Работа соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года (с изменениями № 335 от 21 апреля 2016 года).

На заседании 10 ноября 2016 года диссертационный совет принял решение присудить Рябову Георгию Александровичу ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 10 докторов наук по специальности защищаемой диссертации 05.14.14,- «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты», участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени - 17, против присуждения ученой степени - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель
диссертационного совета



Тумановский Анатолий Григорьевич

Ученый секретарь
диссертационного совета

Березинец Павел Андреевич

«10» ноября 2016 г.