

ПИСЬМЕННЫЙ ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО РЕЦЕНЗЕНТА

на диссертационную работу

Хажидиновой Акботы Рыспековны

«Экспериментальное исследование и моделирование процессов теплообмена в элементах водогрейных котлов»,
представленную на соискание степени доктора философии (PhD)
по специальности 6D072300 – «Техническая физика».

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	<p>1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:</p> <p>1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы).</p> <p>2) <u>Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы)</u></p> <p>3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление).</p>	<p>Диссертационная работа на тему «Экспериментальное исследование и моделирование процессов теплообмена в элементах водогрейных котлов» (дата утверждения: №166 ПО-16 от 11.11.2016 г., дата корректировки: №149 ПО-17 от 31.10.2017 г., смена фамилии докторанта: №49 ПО-18 от 04.05.2018 г.) на дату утверждения соответствует Государственной программе развития образования и науки Республики Казахстан на 2016 -2019 годы, указ Президента РК от 1 марта 2016 года № 205.</p> <p>В рамках программы финансирования и поддержки талантливой молодежи Фонд Первого Президента РК - Лидера Нации Нурсултана Назарбаева спонсировал поездку соискателя для участия в 23 ежегодной Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика» в секции «Теплофизика» (Московский энергетический институт, г. Москва, РФ), что подтверждает актуальность и высокий научно – практический потенциал диссертационного исследования (в работе представлены соответствующие дипломы и свидетельство обладателя Гранта на поездку).</p>

2.	Важность для науки	<p><u>Работа вносит/не вносит</u> существенный вклад в науку, а ее важность <u>хорошо раскрыта/не раскрыта</u></p>	<p>Экспериментальное исследование и моделирование процессов теплообмена в элементах водогрейных котлов <u>вносит существенный вклад в</u> науку, а важность работы <u>хорошо раскрыта</u> и обоснована автором. В диссертации произведен комплекс исследовательских работ теоретического и прикладного характера, на основании которых выявлены закономерности протекания процессов конвективного теплообмена в хвостовых поверхностях нагрева котельного агрегата. Автором разработана новая трехмерная компьютерная модель рекуперативного трубчатого воздухоподогревателя, которая позволяет быстро и точно определять теплофизические характеристики теплообмена в воздухоподогревателе котла. Полученные новые знания пополнят имеющуюся базу научных данных по моделированию процессов теплообмена и станут основой для дальнейших исследований в данной области.</p>
3.	Принцип самостоятельности	<p>Уровень самостоятельности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Высокий; 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет 	<p>Уровень самостоятельности:</p> <p>1) <u>Высокий</u></p> <p>На основании подробного изучения диссертационной работы можно сделать вывод, что соискатель в ходе выполнения научно-исследовательской работы проявил высокий аналитический уровень и самостоятельность. Соискателем проведены экспериментальные исследования по определению оптимального положения факела в топке и степени черноты поверхности нагрева, произведен критический анализ разработанных рекомендаций по повышению эффективности работы котла. Компьютерное моделирование процессов теплообмена выполнено соискателем в</p>

			специализированной лаборатории «Экспериментальной теплофизики» Института атомной энергии НЯЦ РК (г. Курчатов).
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>Обоснована</u> ; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	<p>Обоснование актуальности диссертации:</p> <p>1) <u>Обоснована</u></p> <p>Анализ состояния проблемы шлакования поверхностей нагрева на примере водогрейного котла КВТ-116,3-150 показал необходимость установления критерия периодичности очистки теплообменного оборудования от отложений с целью организации эффективной работы котельной установки. Актуальный этот вопрос стал в связи с повсеместным использованием и внедрением российского котла КВТ-116,3-150 для сжигания местных непроектных углей Республики Казахстан. Отличие состава топлива вносит свои корректизы, поэтому необходима разработка режимных карт работы котельного оборудования при соответствующем КПД установки.</p> <p>Актуальность темы диссертации обуславливается необходимостью ее научного и практического изучения, востребована наукой в данный момент и в данной ситуации и подтверждается получением соискателя вышеупомянутого Гранта Фонда Первого Президента.</p>
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) <u>Отражает</u> ; 2) Частично отражает; 3) Не отражает	<p>Содержание диссертации отражает тему диссертации:</p> <p>1) <u>Отражает</u>.</p> <p>Содержание диссертации отражает ее тематику и полностью раскрывает сущность исследуемой проблемы. Проведено исследование влияния степени загрязнения низкотемпературных поверхностей нагрева на интенсивность конвективного теплообмена при</p>

		<p>сжигании непроектного топлива на основе компьютерного моделирования. Результаты анализа показали, что количество отложений варьируется в зависимости от температуры теплоносителей в воздухоподогревателе. Разработана новая методика расчета теплофизических параметров процесса теплообмена на базе программного комплекса ANSYS, позволяющая получить полное описание сложных процессов теплопередачи в воздухоподогревателе котла. В разработанной расчетной трехмерной теплофизической модели рекуперативного трубчатого воздухоподогревателя отсутствует стенка трубок, создаваемое термическое сопротивление стенки учитывается введением коэффициента эффективной теплопроводности потока дымовых газов. При изложении материала автор приводит ссылки на собственные публикации.</p>
	<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>соответствуют</u>; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют 	<p>Цель и задачи соответствуют теме диссертации:</p> <p>1) <u>соответствуют</u>.</p> <p>Целью диссертационной работы является повышение эффективности работы котельного агрегата на основании установления влияния загрязнения низкотемпературных поверхностей нагрева на интенсивность конвективного теплообмена при сжигании непроектного топлива с помощью экспериментальных исследований и компьютерного моделирования, что соответствует теме диссертации.</p>

	<p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>полностью взаимосвязаны</u>; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует 	<p>Диссертационная работа состоит из четырех разделов, заключения, списка использованных источников и приложений. Все разделы диссертации <u>логически взаимосвязаны</u>. Методы исследования, положения, выносимые на защиту, результаты и выводы согласованы друг с другом. Выполненное диссертационное исследование представляет собой структурированную, законченную, целостную работу с присущей ей внутренним единством.</p>	
	<p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>критический анализ есть</u>; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов 	<p><u>Критический анализ</u> существующих решений в работе <u>есть</u>. Полученные автором новые решения сравниваются с существующими методами компьютерного моделирования процессов теплообмена. Разработанная компьютерная модель исследования процессов теплообмена в воздухоподогревателе котла аргументирована и защищена свидетельством о внесении сведений в Государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №14347 от 11.01.2021 г.</p> <p>В диссертационной работе приводится сравнительный анализ современных способов очистки котельных агрегатов от отложений и возможность их применения в исследуемом агрегате. В качестве пожеланий хотелось бы отметить, что работа выиграла бы, если бы был приведен сопоставительный анализ цен оборудования очистки.</p>	
5.	<p>Принцип научной новизны</p>	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%) 	<p>Научные результаты и положения являются новыми?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>полностью новые</u>. <p>В работе впервые изучен процесс теплообмена в воздухоподогревателе котла при сжигании непроектного</p>

		<p>топлива. Полученные в ходе исследования данные о закономерностях влияния газодинамики потока теплоносителей на эффективность конвективного теплообмена в хвостовых поверхностях нагрева котла при сжигании непроектного угля являются новыми знаниями.</p> <p>Автором разработана новая трехмерная теплофизическая модель рекуперативного трубчатого воздухоподогревателя. Установлены зависимости коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи в воздухоподогревателе от степени загрязнения низкотемпературных конвективных поверхностей нагрева. Установлены закономерности изменения КПД котла при изменении толщины слоя отложений на поверхности воздухоподогревателя и на основании полученных результатов впервые предложен критерий определения периодичности очистки теплообменника (при использовании непроектного топлива). Получена полная пространственная картина процесса теплообмена в рекуперативном воздухоподогревателе котельного агрегата, реализованы различные сценарии работы теплообменника в зависимости от загрязненности поверхности теплообмена.</p>
	<p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Выводы диссертации являются новыми?</p> <p>1) <u>полностью новые</u>.</p> <p>Выводы, приводимые в диссертационной работе, являются полностью новыми и основываются на собственной научно-исследовательской работе соискателя.</p>

	<p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%) 	<p>Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:</p> <p>1) <u>полностью новые</u>.</p> <p>Соискателем разработаны и внедрены режимные карты работы воздухоподогревателя в виде номограмм и графиков, которые позволяют прогнозировать КПД котельного агрегата в зависимости от теплопроизводительности, скорости нагретого воздуха, температуры уходящих дымовых газов с учетом состояния теплообменной поверхности для водогрейного котла КВТ-116,3-150 ТЭЦ-1 города Семей. Установлен критерий периодичности очистки воздухоподогревателя от отложений регламентирующий интервал очистки, в виде критического значения температуры уходящих дымовых газов равной 157 °C. Внедрение результатов научно-исследовательской работы в процесс эксплуатации водогрейного котла КВТ-116,3-150 позволило оптимизировать работу агрегата, увеличить продолжительность его бесперебойной работы и годовой коэффициент рабочего времени, что отражено в Актах о внедрении представленных в Приложениях.</p>
6.	<p>Обоснованность основных выводов</p> <p>Все основные выводы основаны/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)</p>	<p>Выявленные в диссертационной работе теоретические закономерности и выдвигаемые гипотезы подтверждаются многократным проведением экспериментальных работ. При проведении экспериментов использовано современное, надежное оборудование.</p> <p>Все основные выводы <u>основаны</u> на весомых с научной точки зрения доказательствах, прошли апробирование в высокорейтинговых международных</p>

			научных журналах, журналах из Перечня ККСОН МОН РК и международных научных конференциях.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:</p> <p>7.1 Доказано ли положение? 1) <u>доказано</u>; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано.</p> <p>7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) <u>нет</u>.</p> <p>7.3 Является ли новым? 1) <u>да</u>; 2) нет.</p> <p>7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) <u>широкий</u>.</p> <p>7.5 Доказано ли в статье? 1) <u>да</u>; 2) нет.</p>	<p>В диссертационной работе соискателем представлены 3 положения.</p> <p>Положение №1. Особенности характера распределения температурных полей по высоте топки водогрейного котла при отклонении от номинальной мощности.</p> <p>В диссертации изложено доказательство положения.</p> <p>7.1 Доказано ли положение? 1) <u>доказано</u>.</p> <p>7.2 Является ли тривиальным? 2) <u>нет</u>.</p> <p>7.3 Является ли новым? 1) <u>да</u>.</p> <p>7.4 Уровень для применения: 3) <u>широкий</u>.</p> <p>Результаты научно-исследовательской работы внедрены в учебный процесс и активно используются в образовательном процессе при изучении дисциплин «Котельные установки и парогенераторы», «Специальные вопросы сжигания топлива».</p> <p>7.5 Доказано ли в статье? 1) <u>да</u>.</p> <p>Первое положение доказано в статьях:</p> <p>1. Надырова А.Р., Степанова О.А., Елистратов С.Л. Влияние условий эксплуатации котельного агрегата на степень нагрева теплообменных поверхностей // Вестник НЯЦ РК Выпуск № 3(71). – 2017. – С. 94 - 97.</p>

2. Надырова А.Р., Степанова О.А. Построение изотермических поверхностей топочной камеры энергетического котла // Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи: матер. IV Российской молодежной научной школы-конференции / НИТПУ. – Томск, 2016, – С. 345-347.

Положение №2. Результаты компьютерного моделирования интенсивности теплообмена в низкотемпературных конвективных поверхностях нагрева в зависимости от степени загрязнения.

В диссертации изложено доказательство положения.

7.1 Доказано ли положение?

1) доказано.

На основании результатов компьютерного моделирования по полученным значениям температуры и скорости теплоносителей в воздухоподогревателе котла, работающего на непроектном топливе соискателем разработана nomограмма, связывающая между собой числа Рейнольдса и Нуссельта теплоносителей в трех температурных зонах теплообмена. Стоило пояснить с помощью теоретических уравнений почему скорость воздуха увеличивается на выходе из воздухоподогревателя, а скорость дымовых газов также увеличивается на выходе из теплообменника.

7.2 Является ли тривиальным?

2) нет.

7.3 Является ли новым?

1) да.

7.4 Уровень для применения:

3) широкий.

Разработанная компьютерная модель применима при изучении и моделировании процессов теплообмена в различных научных организациях.

7.5 Доказано ли в статье?

1) да.

Второе положение доказано в статье и авторском праве:

1. A. Khazhidinova, O. Stepanova, M. Yermolenko, A. Kassymov, Zh.Aldazhumanov, Y. Shayakhmetov, G. Baybalinova, S. Nyssanbayeva, K. Astemessova, G. Turlybekova Influence of contamination of low-temperature heating surfaces of boiler on the intensity of convective heat exchange during the burning of non-design fuel // Heat Transfer Research Volume 53, 2022, Issue 1, pages 83-96.

DOI: 10.1615/HeatTransRes.2021040471.

2. Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №14347 от 11 января 2021 года «Трехмерная теплофизическая модель рекуперативного трубчатого воздухоподогревателя котельного агрегата» / А.Р. Хажидинова, А.С. Хажидинов, О.А. Степанова, М.В. Ермоленко.

Положение №3. Закономерности влияния газодинамики потока теплоносителей на эффективность конвективного теплообмена в хвостовых поверхностях нагрева котла.

В диссертации изложено доказательство положения.

7.1 Доказано ли положение?

1) доказано.

7.2 Является ли тривиальным?

2) нет.

7.3 Является ли новым?

1) да.

7.4 Уровень для применения:

3) широкий.

Установленные закономерности внедрены в производственный процесс при эксплуатации агрегата КВТ-116,3-150 и имеют большой потенциал использования в других котельных установках.

7.5 Доказано ли в статье?

1) да.

Третье положение доказано в статьях:

1. A. Khazhidinova, O. Stepanova, M. Yermolenko, A. Kassymov, Zh.Aldazhumanov, Y. Shayakhmetov, G. Baybalinova, S. Nyssanbayeva, K. Astemessova, G. Turlybekova Influence of contamination of low-temperature heating surfaces of boiler on the intensity of convective heat exchange during the burning of non-design fuel // Heat Transfer Research Volume 53, 2022, Issue 1, pages 83-96.

DOI: 10.1615/HeatTransRes.2021040471.

2. Хажидинова А.Р., Степанова О.А., Ермоленко М.В., Хажидинов А.С. Анализ влияния загрязненности воздухоподогревателя на эффективность работы котлоагрегата // Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент: матер. 11-й междунар. научной конф. 22 - 23 ноября — Караганда: Изд-во КарГУ, 2019 – С. 299 – 302.

3. Хажидинова А.Р., О.А. Степанова, М.В. Ермоленко, З.А. Паримбеков, А.И. Мануленко. Расчет аэродинамического сопротивления воздухоподогревателя водогрейного котла // Образование – фундамент евроазиатского сотрудничества: матер. междунар. блэндлинг-конф., посвященной 85-летию Университета Шакарима /

			Государственный университет имени Шакарима города Семей. – Семей, 2019. С. 71 - 72.
8.	Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана: 1) да; 2) нет	<p>1) да. Используемая в работе методологическая база подробно описана в работе. Подробно расписана методика проведения экспериментов, приведены все этапы построения компьютерной модели и принятые допущения.</p> <p>Для моделирования процессов теплообмена использовались граничные условия третьего рода, которые задавались температурой воздуха на входе в теплообменник, температурой дымовых газов на входе и выходе из теплообменника, температурой стенки. Для расчета использовались управляющие уравнения неразрывности потока, законы сохранения массы, импульса и энергии, которые в среде Ansys выражаются в терминах уравнений в частных производных и дискретизируются с помощью метода конечных элементов. В расчетной модели задавались теплофизические свойства веществ (плотность, коэффициент теплопроводности, коэффициент вязкости) в зависимости от температуры.</p>
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) да; 2) нет	<p>Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:</p> <p>1) да. Программный пакет Ansys Fluent использованный в диссертационной работе является одним из наиболее распространенных современных прикладных программ компьютерного моделирования и исследования</p>

		<p>теплофизических процессов в теплоэнергетическом оборудовании.</p> <p>Положение факела в топке определяли инструментальными замерами изотермических полей (температуры газов в топке котла) с помощью высокотемпературного оптического пирометра М67. Обследование поверхностей нагрева опускного газохода проводилось при помощи современного термографа IRTIS – 2000.</p>
	<p>8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента):</p> <p>1) да; 2) нет</p>	<p>Все полученные теоретические выводы, разработанная трехмерная теплофизическая компьютерная модель воздухоподогревателя, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием. Для проведения экспериментальных исследований выбрана оптическая пирометрия и термография.</p>
	<p>8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u>/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу</p>	<p>Важные утверждения <u>подтверждены</u> ссылками на актуальную и достоверную научную литературу, что показывает глубину проработки материала соискателем. В теоретической основе диссертационного исследования отражены труды отечественных и зарубежных авторов в области теплофизики и теплотехники.</p>
	<p>8.5 Использованные источники литературы <u>достаточны</u>/не достаточны для литературного обзора</p>	<p>Использованные источники литературы <u>достаточны</u> для литературного обзора. Литературный обзор точно и глубоко рассматривает вопросы исследования процесса теплообмена и полностью соответствует теме диссертации.</p>

9	<p>Принцип практической ценности</p>	<p>9.1 Диссертация имеет теоретическое значение:</p> <p>1) да; 2) нет</p>	<p>Практическая ценность отражена во впервые установленном критерии (для непроектного топлива) необходимости очистки воздухоподогревателя от отложений в виде краевого значения температуры уходящих дымовых газов, на основании разработанных соискателем номограмм можно прогнозировать КПД установки и принимать соответствующие меры для повышения ее эффективности.</p> <p>Проведенные в диссертационной работе исследования являются новыми и оригинальными, а полученные результаты вносят вклад в проведение расчетов при изучении и моделировании процессов теплообмена в элементах котельных агрегатов.</p>
		<p>9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:</p> <p>1) да; 2) нет</p>	<p>Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:</p> <p>1) да.</p> <p>Результаты диссертационного исследования внедрены в эксплуатацию водогрейного котла КВТ-116,3-150 предприятия ГКП «Теплокоммунэнерго» города Семей, что положительно сказалось на работе котельного оборудования.</p>
		<p>9.3 Предложения для практики являются новыми?</p> <p>1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Предложения для практики являются новыми?</p> <p>1) <u>полностью новые</u>.</p> <p>Критический анализ показывает, что в литературе отсутствуют данные о ранее внедренных на практике номограммах определения КПД и критерия периодичности очистки воздухоподогревателя котла, работающего при сжигании непроектного топлива.</p>

10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) <u>высокое</u> ; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Качество академического письма <u>высокое</u> . Оформление работы аккуратное и имеет необходимое количество иллюстраций. Работа написана четким научно-техническим языком, с построением логически выстроенной структурой исследований.
-----	---------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Решение рецензента:

Необходимо отметить, что высказанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают высокий уровень проведенного исследования. В связи с вышеизложенным считаю необходимым ходатайствовать перед Комитетом для присуждения Хажидиновой Акбите Рыспековне степени доктора философии (PhD) по специальности 6D072300 – «Техническая физика».

Официальный рецензент:

Доктор технических наук,
профессор кафедры «Теплоэнергетика»
НАО «Евразийский национальный
университет имени Л.Н. Гумилева

Алтай Шурумбаевич Алимгазин

Подпись профессора А.Ш. Алимгазина подтверждаю

