

**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).  2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы)  3) Диссертация соответствует <b>приоритетному направлению развития науки</b>, 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 <b>Государственной программе развития образования и науки Республики Казахстан на 2016 -2019 годы</b>, указ Президента РК от 1 марта 2016 года № 205.</p> <p>В рамках программы финансирования и поддержки талантливой молодежи по теме диссертационной работы соискателем получен грант Фонда Первого Президента РК - Лидера Нации Нурсултана Назарбаева на поездку для участия в 23 ежегодной Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика» в секции «Теплофизика» (МЭИ, г. Москва, РФ, 2017 г.).</p>

2.	Важность для науки	Работа <b>вносит/не вносит</b> существенный вклад в науку, а ее важность <b>хорошо раскрыта/не раскрыта</b>	<p>Диссертационная работа <b>вносит</b> существенный вклад в науку и направлена на изучение и моделирование процессов теплообмена в хвостовых поверхностях нагрева с целью повышения эффективности работы котельных агрегатов.</p> <p>Важность диссертационной работы <b>хорошо раскрыта</b> автором. Диссертационная работа посвящена одной из главных проблем, существующих в настоящее время в энергетике – это шлакование поверхностей нагрева котельного агрегата и его влияния на процессы теплообмена в газоходах котла. В рассматриваемом котельном агрегате марки КВТ-116,3-150 сжигается непроектный каменный уголь разреза Каражыра, что вызывает особый научный интерес к исследуемой проблеме.</p> <p>В программе Ansys соискателем разработана трехмерная модель рекуперативного трубчатого воздухоподогревателя, которая позволяет производить расчет теплофизических параметров и определять интенсивность конвективного теплообмена в хвостовых поверхностях нагрева котельных агрегатов. Разработанная модель верифицирована, относительная погрешность вычислений не превышает 3%. На основании результатов диссертационного исследования получена оптимальная схема работы воздухоподогревателя котла КВТ-116,3-150, определена периодичность очистки теплообменника, что позволяет повысить КПД установки.</p>
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) Высокий; 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет	<p>В работе прослеживается <b>высокий</b> уровень самостоятельности выполнения автором диссертационного исследования. Полностью описаны все этапы проведения экспериментальных исследований, приведены соответствующие фотографии, представлено свидетельство о внесении сведений в Государственный реестр прав на</p>

			объекты, охраняемые авторским правом №14347 от 11.01.2021 г. на разработанную трехмерную теплофизическую модель воздухоподогревателя.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) Обоснована; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	Актуальность темы диссертационной работы обоснована необходимостью интенсификации процессов теплообмена в газоходах котла, повышения коэффициента полезного действия современных котельных установок и снижения техногенного воздействия энергетических предприятий на окружающую среду. В целях развития творческой активности студентов, аспирантов и молодых ученых, привлечения их к решению актуальных задач современной науки, сохранения и развития единого научно-образовательного пространства, установления контактов между будущими коллегами НИУ «МЭИ» в 2017 году проведена Международная научно-техническая конференция «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика», в которой участие соискателя спонсировалось Фондом Первого Президента. Доклад соискателя на тему «Исследование температурных полей поверхностей нагрева энергетического котла» отмечен почетным дипломом ректора НИУ «МЭИ» Н.Д. Рогалева (в Приложении к диссертации имеется свидетельство обладателя Гранта, диплом и сертификат участия).
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) Отражает; 2) Частично отражает; 3) Не отражает	Содержание диссертации ясно отражает тему исследования процесса теплообмена. Первый раздел описывает современные проблемы энергетики, второй раздел посвящен описанию экспериментальных исследований процессов теплообмена в газоходах котла, третий описывает моделирование теплофизических и гидродинамических процессов, протекающих в ВЗП в зависимости от состояния поверхности теплообмена, в четвертом разделе представлены результаты установления закономерностей влияния газодинамики потока

		<p>теплоносителей на эффективность конвективного теплообмена в хвостовых поверхностях котла.</p>
	<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:</p> <p>1) соответствуют;</p> <p>2) частично соответствуют;</p> <p>3) не соответствуют</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.</p> <p>Задачи диссертационной работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Построение изотермических поверхностей топки котла.</li> <li>2. Определение степени черноты и термографическое исследование воздухоподогревателя.</li> <li>3. Разработка содержательной постановки задачи моделирования и установление граничных условий процессов теплообмена низкотемпературных хвостовых поверхностей нагрева.</li> <li>4. Установление характера изменения зависимостей температур теплоносителей и интенсивности теплообмена (коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи) от степени загрязнения в низкотемпературных конвективных поверхностях нагрева.</li> <li>5. Установление критерия периодичности очистки воздухоподогревателя и влияния газодинамического характера течения среды на эффективность работы котла при изменении температурно-временного воздействия.</li> </ol> <p>Поставленные цель и задачи исследования полностью <b>соответствуют</b> теме диссертации и выполнены в полном объеме.</p>

		<p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>полностью взаимосвязаны;</b></li> <li>2) взаимосвязь частичная;</li> <li>3) взаимосвязь отсутствует</li> </ol>	<p>Диссертация обладает внутренним единством, все разделы и положения диссертации <b>логически взаимосвязаны</b>. В разделах диссертации отражена научно - исследовательская работа, а ее результаты и выводы, которые показывают ценность проведенных исследований, представлены в виде трех научных положений.</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"> <li>1) <b>критический анализ есть;</b></li> <li>2) анализ частичный;</li> <li>3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов</li> </ol>	<p>Предложенные автором новые методы исследования процесса теплообмена <b>аргументированы и критически проанализированы</b>. В разработанной расчетной трехмерной теплофизической модели рекуперативного трубчатого воздухоподогревателя отсутствует стенка трубок, создаваемое термическое сопротивление стенки учитывается введением коэффициента эффективной теплопроводности потока дымовых газов. Относительная погрешность результатов расчета температуры уходящих дымовых газов и нагретого воздуха не превышает 3 %, что свидетельствует о высокой точности получаемых данных,</p>
5.	Принцип научной новизны	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>полностью новые;</b></li> <li>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</li> <li>3) не новые (новыми являются менее 25%)</li> </ol>	<p>Диссертационное исследование проведено на действующем котельном агрегате при сжигании угля разреза Каражыра Восточно-Казахстанской области.</p> <p>Соискателем впервые установлены:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- особенности характера распределения температурных полей по высоте топки водогрейного котла при отклонении от номинальной мощности;</li> <li>- результаты компьютерного моделирования интенсивности теплообмена в низкотемпературных конвективных поверхностях нагрева в зависимости от степени загрязнения;</li> <li>- закономерности влияния газодинамики потока теплоносителей на эффективность конвективного теплообмена в хвостовых поверхностях нагрева котла <i>при сжигании непроектного твердого топлива</i>.</li> </ul> <p>Положения, выносимые на защиту и научные</p>

			результаты, являются <b>полностью новыми</b> , подробно описаны и аргументированы в диссертационной работе.
		5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) <b>полностью новые;</b> 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Выводы диссертации являются <b>полностью новыми</b> . Получены режимные карты эксплуатации ВЗП в виде номограмм и графиков, обеспечивающих его оптимальную работу при высоких значениях коэффициента полезного действия котла. Установлена предельно допустимая температура уходящих дымовых газов, которая регламентирует оптимальную работу воздухоподогревателя.
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленические решения являются новыми и обоснованными: 1) <b>полностью новые;</b> 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	В результате выполнения научно-исследовательской работы были предложены и аргументированы <b>новые технические и технологические решения</b> , которые увеличивают эффективность работы водогрейного котла КВТ-116,3-150. В диссертации представлены акты о внедрении результатов научно-исследовательской работы в процесс эксплуатации котельного агрегата.
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы <b>основаны/не основаны</b> на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)	Все основные выводы <b>основаны</b> на весомых с научной точки зрения доказательствах с проведением экспериментальных исследований, применением математического и компьютерного моделирования.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:	В диссертационной работе соискателем представлены три положения.
		7.1 Доказано ли положение? 1) <b>доказано;</b> 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано. 7.2 Является ли тривиальным?	1. <b>Особенности характера распределения температурных полей по высоте топки водогрейного котла при отклонении от номинальной мощности.</b> Соискателем проведены исследования по определению оптимального положения факела в топке котла, построены и проанализированы графики изотерм

	<p>1) да; 2) нет.</p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p>1) да; 2) нет.</p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>1) узкий; 2) средний; 3) широкий.</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) да; 2) нет.</p>	<p>факела, нанесенные на эскизы развертки топки. Опыты проведены на действующем котле при различной теплопроизводительности. Проведена серия замеров при одной нагрузке, оптимальным определен режим с минимальными суммарными потерями от химического, механического недожогов и потерь теплоты с уходящими газами. Таким образом, первое положение <b>доказано</b>. Положение не является <b>тривиальным</b>, является <b>новым</b> и имеет <b>широкий</b> уровень применения на котельных установках. <b>Доказательство</b> первого положения подробно изложено в статье «Влияние условий эксплуатации котельного агрегата на степень нагрева теплообменных поверхностей» журнала Вестник НЯЦ РК, а также прослеживается в ряде других публикаций соискателя.</p>
	<p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>1) доказано; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано.</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>1) да; 2) нет.</p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p>1) да; 2) нет.</p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>1) узкий; 2) средний; 3) широкий.</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) да; 2) нет.</p>	<p><b>2. Результаты компьютерного моделирования интенсивности теплообмена в низкотемпературных конвективных поверхностях нагрева в зависимости от степени загрязнения.</b></p> <p>Разработанная соискателем трехмерная теплофизическая модель воздухоподогревателя защищена свидетельством о внесении сведений о разработанной модели в Государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №14347 от 11.01.2021 г. В диссертации изложено <b>доказательство</b> второго положения. Положение не является <b>тривиальным</b>, является <b>новым</b> и имеет <b>широкий</b> уровень применения при моделировании процессов теплообмена. <b>Доказательство</b> второго положения подробно изложено в статье «Influence of contamination of low-temperature heating surfaces of boiler on the intensity of convective heat exchange during the burning of non-design fuel» журнала Heat Transfer Research и также прослеживается в ряде других публикаций соискателя.</p>

		<p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>1) доказано; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано.</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>1) да; 2) нет.</p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p>1) да; 2) нет.</p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>1) узкий; 2) средний; 3) широкий.</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) да; 2) нет.</p>	<p><b>3. Закономерности влияния газодинамики потока теплоносителей на эффективность конвективного теплообмена в хвостовых поверхностях нагрева котла.</b></p> <p>В диссертационной работе представлены обобщенные зависимости по влиянию низкотемпературных золовых отложений на работоспособность поверхностей нагрева. Проведен анализ опыта предыдущих исследований зависимости коэффициента загрязнения поверхности от разницы температуры стенки трубы и температуры росы серной кислоты. Соискателем установлены закономерности изменения КПД котла в зависимости от толщины отложений на теплообменной поверхности воздухоподогревателя при работе агрегата на непроектном топливе. Положение 3 полностью доказано. Положение не является тривиальным, является новым и имеет широкий уровень применения в теплофизике и теплоэнергетике. Доказательство третьего положения подробно изложено в статье «Анализ влияния загрязненности воздухоподогревателя на эффективность работы котлоагрегата» издательства КарГУ имени Букетова, а также прослеживается в ряде других публикаций соискателя.</p>
8.	Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана:</p> <p>1) да; 2) нет</p>	<p>Выбор методов проведения экспериментальных исследований является обоснованным, общепринятым и широко используемым для получения данных в современных котельных агрегатах. Методология компьютерного исследования процесса теплообмена подробно описана в диссертации.</p> <p><b>В диссертационной работе имеются следующие замечания и предложения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- во втором разделе диссертации представлены термографические снимки поверхности</li> </ul>

			<p>воздухоподогревателя где контрольной линией I-I показана область анализа, но нет пояснений или обоснований выбора расположения данной линии;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– автору работы необходимо было чётко прояснить, что подразумевается под установлением влияния газодинамического характера течения среды.</li> </ul>
		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>Для количественной оценки интенсивности процесса теплообмена в рецензируемой работе был использован расчетный код ANSYS. ANSYS универсальная программная система конечно-элементного анализа, существующая и развивающаяся на протяжении последних 30 лет, активно применяемая отечественными и зарубежными учеными. На базе Института атомной энергии Национального ядерного центра Республики Казахстан в специализированной «Лаборатории экспериментальной теплофизики» соискателем проведено <b>компьютерное моделирование</b> процессов теплообмена в воздухоподогревателе котла.</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): 1) да; 2) нет	<p>Представленные результаты получены с применением современных методов экспериментальных и теоретических исследований, таких как <b>оптическая пиromетрия и инфракрасная термография</b>, компьютерное моделирование на основе метода конечных элементов.</p>
		8.4 Важные утверждения <b>подтверждены</b> /частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	<p>Список литературных источников, представленный в диссертационной работе свидетельствует о обработке автором большого объема информации в области исследований газодинамики и теплофизики в энергетических установках, тщательном изучении работ ученых дальнего и ближнего зарубежья. Все важные</p>

			<b>утверждения подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.</b>
		8.5 Использованные источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора	Использованные источники литературы достаточны для литературного обзора. В литературном обзоре хорошо освещены современные проблемы энергетики, представлен анализ специализированного программного обеспечения, рассмотрены особенности конвективного переноса теплоты. Все это позволило автору в заключении литературного обзора четко обозначить цель и задачи исследования.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да; 2) нет	<p>Разработанные в диссертационной работе новые положения процесса теплообмена в газоходах котла при сжигании непроектного топлива позволяют повысить эффективность проведения научно-исследовательских работ.</p> <p>Полученные автором решения задач теории расчета и моделирования процесса теплообмена в воздухоподогревателе позволяют существенно сократить объем экспериментальных исследований или полностью их исключить. Разработанные и запатентованные решения позволяют быстро и точно проводить исследование процессов теплообмена.</p>
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да; 2) нет	Результаты экспериментальных исследований температуры факела в топке водогрейного котла и степени черноты поверхности труб ВЗП позволили уточнить представление о протекающих процессах теплообмена при работе котла КВТ-116,3-150 на непроектном каменном угле марки Д разреза Каражыра. Соискателем получена очень хорошая nomограмма распределения толщины отложений и коэффициента теплопередачи по высоте воздухоподогревателя, которая позволяет наглядно продемонстрировать влияние толщины загрязнений на

			интенсивность теплообмена в воздухоподогревателе котла. Практический интерес результатов диссертационного исследования заключается в возможности применения разработанной на основе фактических данных работы котла при сжигании непроектного топлива компьютерной модели для изучения процессов теплообмена в других котельных агрегатах.
		9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Предложения для практики являются <b>полностью новыми</b> , доказаны в работе и имеют высокую степень применения как в работе действующих котлов, так и в проектировании новых.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) <b>высокое</b> ; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Качество академического письма <b>высокое</b> . Полученные экспериментальные и теоретические результаты носят логичный, структурированный и полноценный характер.

**Решение рецензента:**

Отмеченные замечания носят рекомендательный характер и не снижают научной и практической значимости результатов, полученных в ходе выполнения диссертации. В связи с вышеизложенным считаю необходимым ходатайствовать перед Комитетом для присуждения Хажидиновой Акботе Рыспековне степени доктора философии (PhD) по специальности 6D072300 – «Техническая физика».

**Официальный рецензент:**

Кандидат технических наук, профессор кафедры  
«Теплоэнергетика» НАО «Торайтыров Университет»

Подпись профессора Кинжибековой А.К. заверяю



Акмарал Кабиденовна Кинжибекова