



ВТИ

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"ВСЕРОССИЙСКИЙ ДВАЖДЫ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ"
(АО "ВТИ")



Российская Федерация, 115280 г. Москва, 3-й Автозаводский проезд, д. 4, корп. 1.
Тел. +7 (495) 137-77-70, e-mail: vti@vti.ru <http://www.vti.ru> ИНН 7725054856, КПП 772501001, ОГРН 1027700158485

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

В.В. Мартынов

«26» 11 2024 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ –

**Акционерного общества «Всероссийский дважды ордена Трудового
Красного Знамени Теплотехнический научно-исследовательский
институт» на диссертацию Золина Максима Вячеславовича
«Повышение эффективности работы тепловых электростанций и
котельных установок путем совершенствования технологий
термической деаэрации»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности**

2.4.5. Энергетические системы и комплексы (технические науки)

1. Актуальность темы исследования

В условиях повышения стоимости энергоресурсов проблема снижения себестоимости производства тепловой и электрической энергии является весьма актуальной. Большинство действующих теплоисточников были построены ещё в советское время, где основной целью являлось наращивание энергетического потенциала и объёма выработки электроэнергии. В настоящее время одним из приоритетных направлений энергетики является стремление к эффективному производству тепловой и электрической энергии на тепловых электрических станциях (ТЭС), а также оптимизация работы систем теплоснабжения, включая котельные установки, на что существенно влияют технологии деаэрации воды. Исследования процесса противокоррозионной обработки потоков воды при атмосферной и

вакуумной деаэрации способствовали разработке технических решений, приводящих к повышению энергетической эффективности работы теплоисточников.

Поиск путей использования теплоты выпара атмосферных деаэраторов способствовал проведению исследований и разработке решений, направленных на совершенствование схем включения атмосферных деаэраторов и увеличение эффективности работы котельных установок.

Настоящая работа посвящена исследованию существующих и разработке новых технических и технологических решений, повышающих эффективность работы теплоисточников путем совершенствования технологий термической деаэрации.

Вышесказанное позволяет сделать вывод о несомненной актуальности темы рассматриваемой диссертационной работы и востребованности предприятиями теплоэнергетического комплекса страны ее результатов, полученных лично соискателем ученой степени и имеющих существенное значение для теплоэнергетической отрасли народного хозяйства Российской Федерации.

В рамках выполнения диссертационной работы соискатель непосредственно участвовал в формулировке целей и задач исследования, определении путей их решения, проведении расчетов, анализе и обобщении полученных научных результатов, формировании выводов по работе.

Цель и задачи диссертационного исследования достигнуты.

2. Структура и основное содержание диссертационной работы

Диссертационная работа Золина М.В. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 170 наименований и двух приложений. Общий объем работы составляет 170 страниц печатного текста.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследования, показаны научная новизна и

практическая значимость работы, обоснована принадлежность диссертации заявленной научной специальности.

В первой главе рассмотрены физико-химические свойства термической деаэрации воды, проведен анализ конструкций и схем включения атмосферных и вакуумных деаэраторов, применяемых для деаэрации подпиточной воды теплосети и добавочной питательной воды ТЭЦ, а также конструкции охладителей эжекторов и газоотводящих аппаратов. Сформулированы задачи, решение которых необходимо для достижения поставленной цели диссертации.

Во второй главе рассмотрены вопросы повышения энергетической эффективности котельных установок с атмосферными деаэраторами за счет использования теплоты выпара деаэратора, и исследование узла атмосферной деаэрации с регулированием отвода выпара в процессе деаэрации. Предложено технологическое решение по подогреву сетевой воды выпаром атмосферного деаэратора, позволяющее исключить потери теплоты, удаляемой с выпаром деаэратора в атмосферу и повысить эффективность котельной установки. Проведено исследование узла атмосферной деаэрации при работе деаэратора с минимальным расходом выпара.

В третьей главе рассмотрены схемы включения термических деаэраторов в систему регенерации теплофикационной турбоустановки в режимах работы турбины с полностью загруженными отопительными отборами и минимальными пропусками пара в конденсатор. Предложены технологические решения по повышению энергетической эффективности тепловых электростанций путем изменения схемы включения термического деаэратора добавочной питательной воды в конденсатно-питательный тракт турбины. Разработанные решения позволяют снизить потери теплоты в конденсаторе и повысить надежность работы элементов конденсатно-питательного тракта турбины.

В четвертой главе выполнен обзор и анализ существующих конструкций и схем включения газоотводящих аппаратов для вакуумных деаэраторов. Разработано техническое решение по обеспечению работы

вакуумного деаэрата с более глубоким вакуумом за счет перераспределения потоков воды и использования охлажденной воды водоструйного эжектора в цикле работы ТЭЦ.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы в соответствии с поставленными задачами, изложены перспективы направления развития исследования.

В приложении приведены акты внедрения результатов исследования, патенты РФ на полезную модель и на изобретения, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

3. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Сформулированные автором научные положения, выводы и рекомендации обоснованы практическими решениями и опубликованными экспериментальными данными и не противоречат известным положениям технических наук. Достоверность и обоснованность результатов обусловлена применением методов и методик исследования, основанных на фундаментальных законах технической термодинамики, теории теплообмена, использованием широко апробированных основ расчета энергетической эффективности деаэрации на ТЭЦ, апробированных методик технико-экономического анализа и обработки результатов опытного исследования, сопоставимостью полученных данных с экспериментальными и опубликованными данными других авторов, патентной чистотой разработанных решений.

Научные положения, выносимые на защиту, раскрыты в тексте диссертации и в опубликованных соискателем работах.

Результаты работы докладывались на научно-технических конференциях: Пятнадцатой всероссийской (седьмой международной) научно-технической конференции «ЭНЕРГИЯ-2020» (г. Иваново, 2020 г.); VIII Всероссийской научно-технической конференции, посвященной

столетию МИСИ-МГСУ «Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции» (г. Москва, 2020 г.); Международной научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (XXI Бенардосовские чтения)» (г. Иваново, 2021 г.); I Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Развитие методов прикладной математики для решения междисциплинарных проблем энергетики» (г. Ульяновск, 2021 г.); XVI Минский международный форум по тепло- и массообмену (г. Минск, 2022 г.); Восьмой Российской национальной конференции по теплообмену РНТК-8 (г. Москва, 2022 г.); XVI Международной научно-технической конференции «Совершенствование энергетических систем и теплоэнергетических комплексов» (г. Саратов, 2022 г.)

Основные теоретические и практические результаты диссертационной работы опубликованы в 22 научных работах, из них 7 статей в рецензируемых журналах по списку ВАК, 1 статья в издании, индексируемом в международной базе Scopus, 1 статья в других изданиях, 1 патент на изобретение, 2 патента на полезную модель, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, 9 тезисов и полных текстов докладов конференций.

Опубликованные соискателем научные работы в совокупности полно отражают целостную картину полученных результатов диссертационного исследования.

Ценность научных работ соискателя состоит в том, что в опубликованных результатах исследования содержится решение важной народнохозяйственной задачи, связанной с повышением эффективности теплоисточников за счет совершенствования технологий термической деаэрации.

4. Научная новизна результатов исследования

1. Обоснована и доказана целесообразность атмосферной деаэрации с минимальным расходом пара при подпитке деаэратора только производственным конденсатом, концентрация растворенного кислорода в котором не превышает нормативного значения для деаэрированной воды.

2. Разработаны и научно обоснованы способствующие повышению энергетической эффективности ТЭС технологические решения в части подогрева добавочной воды перед вакуумным деаэратором в теплофикационных режимах работы турбины с малым пропуском пара в конденсатор, позволяющие использовать деаэрированную добавочную питательную воду для охлаждения охладителя эжекторов, охладителя пара уплотнений турбины и сальникового подогревателя.

3. Предложено техническое решение, обеспечивающее углубление вакуума в вакуумном деаэраторе за счёт понижения температуры рабочей воды водоструйного эжектора и повышающее эффективность вакуумной деаэрации на ТЭЦ.

5. Значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки

Теоретическая значимость результатов исследования обоснована следующим:

– полученные при теоретическом обосновании разработанных технических и технологических решений научные результаты могут использоваться при реализации конкретных проектов на теплоисточниках;

– оценена эффективность использования теплоты пара атмосферного деаэратора в цикле работы котельной установки;

– определены условия и режим работы атмосферного деаэратора при подпитке только производственным конденсатом с минимальным расходом пара без ухудшения качества деаэрированной воды;

– проанализирована эффективность работы газоотводящих аппаратов на ТЭЦ, выполнена оценка работы пароструйных и водоструйных эжекторов.

Практическая значимость работы:

1. Предложено технологическое решение по подогреву сетевой воды выпаром атмосферного деаэрата, позволяющее исключить потери теплоты, удаляемой с выпаром деаэрата в атмосферу, повысить эффективность и экономичность котельной установки. Оценка экономичности данного решения для деаэраторов, производительностью 15 - 50 м³/ч, показала, что в случае установки подогревателя обратной сетевой воды экономия пара достигнет 0,17 - 3,5 т/сут. Окупаемость технологии с производительностью деаэрата 50 м³/ч составит от 6 месяцев до 2,5 лет.

2. Разработана схема узла атмосферной деаэрации с регулированием отвода выпара, позволяющая снизить расход пара на деаэратор при подпитке деаэрата производственным конденсатом. При среднем показателе возврата конденсата с производства экономия пара для деаэрата производительностью 50 м³/ч достигнет 0,8 т/сут. Срок окупаемости разработанной схемы в зависимости от расхода подпитки деаэрата конденсатом составит от 1,5 до 2 лет.

3. Зарегистрирован программный продукт, позволяющий осуществлять расчёт температурных параметров теплообменника и температуры нагрева добавочной воды в охладителе выпара с учётом цен на ресурсы и параметров потоков воды при различных фактических значениях удельного расхода выпара.

4. Разработаны технологические решения в части подогрева воды перед вакуумным деаэратом добавочной питательной воды котлов на ТЭЦ, позволяющие снизить потери теплоты в конденсаторе турбины за счёт ограничения включения рециркуляции основного конденсата турбины в режимах работы с малым пропуском пара в конденсатор. Реализация каждого из разработанных решений дает годовую экономию условного топлива порядка 930 т/год.

5. Разработана схема узла вакуумной деаэрации, обеспечивающая углубление вакуума в вакуумном деаэраторе за счет понижения температуры рабочей воды водоструйного эжектора. При реализации данного решения экономический эффект составит 2,5 млн. руб/год со сроком окупаемости 2 года 5 месяцев.

6. Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Приведенные в диссертации исследования и разработанные технологические решения рекомендуются к использованию на тепловых электростанциях и котельных установках. Программный продукт «Расчёт температурных показателей и экономии пара при атмосферной деаэрации» рекомендуется к применению в практических целях на котельных, а также в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Теплогазоснабжение и вентиляция».

7. Соответствие диссертации научной специальности

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.4.5 «Энергетические системы и комплексы» в части направлений исследований:

– пункту 3: «Разработка, исследование, совершенствование действующих ... технологий и оборудования для производства электрической и тепловой энергии, ... водоподготовки и водно-химических режимов...»;

– пункту 5: «Разработки и исследования в области энергосбережения и ресурсосбережения при производстве тепловой и электрической энергии ... в энергетических системах и комплексах».

8. Замечания по содержанию диссертационной работы

1. Первая глава диссертации несколько перегружена подробным описанием отечественных устройств, относящихся к термической деаэрации. Обзор зарубежных деаэраторов представлен только в виде некоторых типов деаэраторов. Почему в обзор были включены только конкретные типы иностранных деаэраторов?

2. Во второй главе диссертации в описании схемы с регулированием отвода пара сказано, что автоматические клапаны закрываются с временной задержкой, однако расчёт и численное значение данной временной задержки не приведен. Как влияет время задержки на качество деаэрированной воды после деаэратора?

3. В третьей главе диссертации не указано, при какой производительности деаэратора применима схема, приведенная на рисунке 3.1.1.

4. В четвертой главе диссертации анализ работы газоотводящих аппаратов рассматривается в рамках Ульяновской ТЭЦ-2. Ограничено ли применение разработанной автором технология на других ТЭЦ с вакуумными деаэраторами и эжекторами?

5. Не рассмотрено влияние пара на интенсивность коррозионных процессов в теплообменниках, в которых предлагается утилизировать его теплоту.

6. В тексте диссертации обнаружены неточности и опечатки.

Отмеченные замечания имеют частный характер и, в целом, не влияют на положительную оценку качества представленной на отзыв диссертационной работы.

9. Заключение

Диссертационная работа Золина Максима Вячеславовича на тему «Повышение эффективности работы тепловых электростанций и котельных установок путем совершенствования технологий термической деаэрации»

является завершенной научной квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с использованием современных методов исследования и компьютерной техники на актуальную тему, направлена на решение комплексной научно-технической задачи повышения энергетической эффективности работы тепловых электростанций и котельных установок путем совершенствования действующих схем и процессов в термических деаэраторах.

Диссертация по теоретическому уровню и практическим результатам соответствует требованиям, предъявляемым ВАК Минобрнауки России к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, в том числе пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (в актуальной редакции), а ее автор Золин Максим Вячеславович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5 «Энергетические системы и комплексы».

Отзыв ведущей организации – Акционерного общества «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени Теплотехнический научно-исследовательский институт» на диссертацию Золина Максима Вячеславовича «Повышение эффективности работы тепловых электростанций и котельных установок путем совершенствования технологий термической деаэрации» подготовлен кандидатом технических наук, заведующим Физико-технического отделения Акционерного общества «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени Теплотехнический научно-исследовательский институт» Такташевым Ринатом Нявмяновичем.

Диссертация Золина М.В., автореферат, а также отзыв ведущей организации обсуждены и одобрены на расширенном заседании Научно-технического совета Физико-технического отделения Акционерного общества «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени Теплотехнический научно-исследовательский институт» 15 ноября 2024

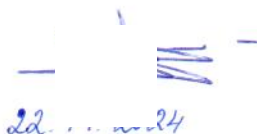
года, протокол № 4 (голосование: «за» - 14 чел., «против» - нет, воздержавшихся нет, принято единогласно).

Доктор технических наук,
Первый заместитель научного руководителя
АО «ВТИ»



Анатолий Григорьевич
Тумановский

Кандидат технических наук,
Заведующий Физико-техническим
отделением АО «ВТИ»



Ринат Нявмянович
Такташев

Акционерное общество «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени Теплотехнический научно-исследовательский институт» (АО «ВТИ»)

Российская Федерация, 115280, г. Москва, 3-й Автозаводский проезд, д. 4, корп. 1.

Официальный сайт организации: <http://www.vti.ru>

Телефон: +7 (495) 137-77-70, доб. 1673

Адрес электронной почты: vti@vti.ru, AMFedorov@vti.ru

<p><i>Тумановский А. Г.</i> Подпись <i>Такташева Р. Н.</i> заверяю.</p>	
<p>Руководитель отдела подготовки и аттестации научных кадров АО «ВТИ»</p>	
<p>_____ А.М. Федор</p>	
<p><i>26 ноября</i> 20<i>24</i> г.</p>	

