

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям
ФГБОУ ВО «Саратовский
государственный технический
университет имени Гагарина Ю.А.»
доктор химических наук, профессор
Остроумов Игорь Геннадьевич



29 » ноября 2023 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования

«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

на диссертационную работу **Деминой Юлии Эрнестовны**

на тему: **«Разработка технологий отвода уходящих газов**

**котельных установок в атмосферу через вытяжную башню градирни
с естественной тягой и ее защиты от обледенения»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы

Актуальность темы диссертационной работы.

Основу современной энергетики РФ составляют тепловые электрические станции, работа которых базируется на осуществлении прямого термодинамического цикла преобразования теплоты, полученной при сгорании органического топлива, в работу паровой или газовой турбины, а затем в электроэнергию с использованием в качестве рабочего тела воды и водяного пара в ПСУ или газов в ГТУ. При этом сгорание органического топлива сопровождается образованием продуктов сгорания. В настоящее время отвод уходящих продуктов сгорания котельных установок паротурбинных и парогазовых электростанций осуществляется через газоотводящие (дымовые) трубы, конструкции и высоты которых различны и зависят от расхода (мощности котельных установок) и состава отводимых газов, а также и от места расположения ТЭС.

При работе котлов ТЭС в ряде случаев, например на пониженных нагрузках, возможны случаи, когда газы в дымовой трубе охлаждаются ниже точки росы, что обуславливает конденсацию водяных паров, содержащихся в газах, на внутренней поверхности трубы, что недопустимо по причине коррозии металла и снижения надежности трубы, а в ряде случаев и ее разрушения. С другой стороны, на ТЭС, где используются оборотные системы циркуляционного водоснабжения, устанавливают башенные градирни с естественной

тягой воздуха. В этом случае возможно отвод уходящих газов котельных установок осуществлять через вытяжные башни градирен, что экономически целесообразно, так как не требуется установка дымовой трубы. Учитывая изложенное, тема диссертационной работы Ю.Э. Деминой, посвященной разработке технологий отвода уходящих газов котельных установок тепловых электростанций в атмосферу через вытяжную башню градирни с естественной тягой и ее защиты от обледенения, является актуальной.

Структура и основное содержание диссертационной работы.

Диссертационная работа Деминой Ю.Э. изложена на 176 страницах текста, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 141 наименования и трех приложений.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, приведены сведения о разработанности темы, указаны объект и предмет исследования, сформулированы цель и задачи, ее научная новизна, теоретическая и практическая значимость, используемая методология и методы, обозначена область исследования, приведены положения, выносимые на защиту, степень достоверности выводов и полученных результатов диссертационной работы, информация о публикациях и личном вкладе автора и структура работы.

Первая глава диссертационной работы посвящена аналитическому обзору опубликованных данных по тематике исследования. Рассмотрены существующие на сегодняшний день способы отвода уходящих газов котельных установок в атмосферу и методы предотвращения обмерзания элементов градирни. Выполнено обоснование возможности отвода уходящих газов котлоагрегатов паротурбинных и парогазовых ТЭС в атмосферу через вытяжную башню градирни. В результате анализа исследований отечественных и зарубежных ученых автором выявлено, что наименее разработанной, наиболее актуальной и технически сложной задачей защиты конструкций градирни от обледенения является защита устья ее вытяжной башни.

Во второй главе представлены методики конструктивного расчета системы отвода уходящих газов котельных установок через вытяжную башню градирни и расчета теплообменных процессов при движении газовой смеси в вытяжной башне градирни. На основании результатов расчетов автором рекомендована конструкция системы распределения уходящих газов внутри градирни, состоящая из трех кольцевых коллекторов постоянного сечения с их центральным расположением по сечению градирни при скорости уходящих газов в коллекторе 10 м/с. Приведены результаты расчета и численного моделирования процессов тепло- и массообмена в вытяжной башне градирни БГ-2600 для двух вариантов (без отвода уходящих газов и с отводом уходящих газов через башню градирни). Расчеты выполнены с использо-

ванием разработанной автором программы для ЭВМ «Модуль расчета башенной градирни» (свидетельство о регистрации № 2021619264).

Третья глава посвящена экологическому анализу состояния атмосферного воздуха в зоне действия Самарской ТЭЦ и Сызранской ТЭЦ при отводе уходящих газов через дымовые трубы и градирни. С помощью сертифицированного программного комплекса УПРЗА «ЭКО центр» определены приземные концентрации диоксида азота (NO_2) для различных способов отвода уходящих газов. Представлены результаты расчета рассеивания NO_2 для высот градирни от 72 до 100 м. Для всех рассмотренных вариантов концентрация NO_2 не превышает ПДК.

В четвертой главе представлены способы защиты выходной части вытяжной башни градирни путем создания защитного воздушного пограничного слоя (патент на изобретение РФ № 2704364) и подачи в защитный слой уходящих газов (патент на изобретение РФ № 2782483). Проведено численное моделирование процесса и получены математические зависимости толщины и средней температуры пограничного слоя и средней температуры стенки в зависимости от температуры и расхода влажного воздуха градирни и температуры наружного воздуха. Установлена зависимость толщины защитного пограничного слоя от расхода дополнительно подаваемого воздуха и определено оптимальное значение его расхода.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы в соответствии с поставленными задачами, содержатся перспективы дальнейшей разработки исследований.

В приложениях приведены локальные ресурсные сметные расчеты, акты внедрения результатов исследования, патенты на изобретения РФ и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

Проведенные автором исследования базируются на применении классических законов теплообмена, апробированных численных методов и сертифицированного программного обеспечения. Обоснованность и достоверность научных положений, результатов исследований и выводов подтверждается удовлетворительным согласованием полученных теоретических, численных и экспериментальных показателей между собой.

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

Основные теоретические и практические результаты диссертационной работы опубликованы в 22 научных работах, в том числе в 2 статьях в рецензируемых журналах из списка ВАК, в 1 статье в научном издании, индексируемом в базе данных Scopus, а также доложены на международных и все-

российских научно-технических конференциях. Получено 3 патента на изобретения РФ и 1 свидетельство на программу ЭВМ.

Научная новизна.

1. Предложены новые научно обоснованные технические решения по совершенствованию работы паротурбинной тепловой электрической станции путем отвода уходящих газов котельных установок в атмосферу через вытяжную башню градирни с естественной тягой газовоздушного потока.

2. Разработана методика расчета характеристик системы оборотного циркуляционного водоснабжения паротурбинной и парогазовой ТЭС при отводе уходящих газов котельных установок в окружающую среду через вытяжную башню градирни.

3. Разработаны научно обоснованные технические решения по предотвращению обледенения выходной части вытяжной башни градирни с естественной тягой путем создания защитного воздушного пограничного слоя на ее внутренней поверхности, обеспечивающие повышение эффективности работы системы оборотного циркуляционного водоснабжения тепловой электростанции.

4. Разработаны методики расчета и проектирования системы отвода газовоздушной смеси через вытяжную башню градирни и воздухораспределительного устройства по предотвращению обмерзания выходной части вытяжной башни градирни тепловой электрической станции.

Значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки.

Теоретическая значимость заключается в разработке схемы отвода уходящих дымовых газов через вытяжную башню градирни с естественной тягой, что позволяет снизить капитальные затраты за счет отказа от строительства и эксплуатации дымовой трубы. Предложены математические модели и проведено численное моделирование системы защиты устья вытяжной башни градирни от обледенения, получены аппроксимирующие функции для расчета параметров пограничного слоя.

Практическая значимость состоит в разработке новых технических решений, обеспечивающих повышение эффективности работы паротурбинных ТЭС за счет отвода уходящих газов котельных установок через вытяжную башню градирни и создания защитного пограничного слоя на внутренней поверхности верхней части вытяжной башни градирни с естественной тягой.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации.

Предложенные в исследовании результаты рекомендуется использовать проектно-конструкторскими организациями, занимающимися разработкой проектов в области теплоэнергетики, проблемами повышения эффективности работы тепловых электрических станций на органическом топливе. Практическое применение результатов заключается в использовании методики расчета и проектирования системы отвода газозвдушной смеси через вытяжную башню градирни и воздухораспределительного устройства по предотвращению обмерзания выходной части вытяжной башни градирни тепловой электрической станции в целях повышения эффективности паротурбинных и парогазовых ТЭС. Методика и модуль расчета на ЭВМ процессов тепло- и массообмена при движении газозвдушной смеси в вытяжной башне градирни с учетом отвода через нее уходящих газов котельных установок используются в учебном процессе для бакалавриата по направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и магистратуры направления 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Соответствие диссертации научной специальности.

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

– пункту 1. «Разработка научных основ (подходов) исследования общих свойств и принципов функционирования и методов расчета, алгоритмов и программ выбора и оптимизации параметров, показателей качества и режимов работы энергетических систем, комплексов, энергетических установок на органическом и альтернативных топливах ... и их основного и вспомогательного оборудования»;

– пункту 2. «Математическое моделирование, численные и натурные исследования физико-химических и рабочих процессов, протекающих в энергетических системах и установках на органическом и альтернативных топливах..., их основном и вспомогательном оборудовании и общем технологическом цикле производства электрической и тепловой энергии»;

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

По содержанию диссертации имеются следующие замечания:

1. В диссертации (см. стр. 25) отмечается: «Анализ результатов моделирования различных технических решений системы удаления продуктов сгорания через вытяжную башню градирни показал, что наиболее оптимальным решением с технической точки зрения является отвод уходящих газов

ТГУ посредством кольцевого коллектора». Именно такое техническое решение для удаления продуктов сгорания принято в диссертационной работе. При этом не указаны преимущества и недостатки других конструкций газораспределителей.

2. На стр. 104 в таблице 3.4 приведены исходные данные для расчета рассеивания выбросов NO_2 в атмосферном воздухе от энергетических котлов БКЗ-420-140 НГМ при различных высотах градирни БГ-2600: 72, 80, 90 и 100 м. При этом в расчетах приняты одинаковые размеры диаметров устья и основания градирен, равными 35 м и 58,3 м соответственно для всех рассмотренных значений высот градирни.

3. В разделе 2.6 «Расчет экономической эффективности» по сути приведены результаты энергетической эффективности (табл. 2.21). Каким образом рассчитывались значения $\mathcal{E}_{\text{год}}$ и $\mathcal{E}_{\text{год}(2)}$ не понятно.

4. На стр. 140 диссертации автором рекомендуется организация автоматического регулирования доли подаваемого в защитный слой подогретого наружного воздуха в зависимости от разности температур влажного воздуха градирни и наружного воздуха, что позволяет сократить энергозатраты на нагревание наружного воздуха в систему защиты от обледенения устья вытяжной башни градирни. Однако данных по эффективности этого решения не приведено.

5. На стр. 82 диссертации допущена некорректность «В уходящих газах природного газа....».

Высказанные замечания не снижают общей положительной оценки основных положений диссертации. Теоретические и практические результаты диссертационной работы отвечают требованиям, которые предъявляются к кандидатским диссертациям.

Заключение по работе.

Диссертационная работа Деминой Юлии Эрнестовны на тему «Разработка технологий отвода уходящих газов котельных установок в атмосферу через вытяжную башню градирни с естественной тягой и ее защиты от обледенения» представляет собой самостоятельно выполненную актуальную научно-исследовательскую работу, в которой представлены новые научно обоснованные решения по повышению эффективности паротурбинных тепловых электрических станций.

Выполненное исследование по теоретическому уровню и практическим результатам соответствует требованиям, предъявляемым ВАК России к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, в том числе пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. (в актуальной ре-

дакции), а ее автор Демина Юлия Эрнестовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5 «Энергетические системы и комплексы».

Диссертация Деминой Ю.Э. и отзыв обсуждены на заседании кафедры «Тепловая и атомная энергетика» имени А.И. Андрющенко ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», протокол № 14 от 23.11.2023 г.

Заведующий кафедрой
«Тепловая и атомная энергетика»
имени А.И. Андрющенко
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»
кандидат технических наук, доцент

Соколов Андрей
Анатольевич

25.11.23

Профессор кафедры
«Тепловая и атомная энергетика»
имени А.И. Андрющенко
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»
доктор технических наук, профессор

Байрамов Артем
Николаевич

28.11.23

Профессор кафедры
«Тепловая и атомная энергетика»
имени А.И. Андрющенко
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»
кандидат технических наук, профессор

Ларин Евгений
Александрович

29.11.2023

Подписи Соколова А.А., Байрамова А.Н. и Ларина Е.А. заверяю:

Ученый секретарь
Ученого совета
СГТУ имени

Потапова Анжелика
Владимировна

29.11.2023

Сведения о ведущей организации:
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»
Адрес: Российская Федерация, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77
Кафедра «Тепловая и атомная энергетика» имени А.И. Андрющенко
Веб-сайт: www.sstu.ru
Телефон: +7 (8452) 99-88-11, 99-88-10
e-mail: rectorat@sstu.ru