

ОТЗЫВ

официального оппонента Барочкина Алексея Евгеньевича
на диссертацию Золина Максима Вячеславовича
«Повышение эффективности работы тепловых электростанций и
котельных установок путем совершенствования технологий
термической деаэрации», представленной на соискание ученой
степени кандидата технических наук
по специальности 2.4.5 - Энергетические системы и комплексы

Актуальность темы диссертации

В настоящее время одним из приоритетных направлений развития энергетики является повышение эффективности производства тепловой и электрической энергии на ТЭС, а также повышение эффективности работы котельных, на что влияют технологии деаэрации воды. Повышение эффективности работы термических деаэраторов на ТЭС и котельных путем совершенствования схем их включения способствуют повышению экономичности работы источников тепловой энергии.

Диссертация Золина М.В. представляет собой исследование существующих и разработку новых технических и технологических решений, направленных на совершенствование технологий термической деаэрации. Решаемые в диссертации задачи направлены на повышение энергетической эффективности процесса вакуумной деаэрации на ТЭС, снижение или использование теплоты выпара атмосферного деаэратора в цикле работы котельных, повышение надежности газоотводящих аппаратов для обеспечения углубления вакуума в вакуумных деаэраторах. Таким образом, тема рассматриваемой диссертации актуальна и в полной мере соответствует задачам развития энергетики России.

Общая характеристика и оценка содержания диссертации

Для рассмотрения представлены следующие материалы: диссертация на 170 страницах машинописного текста формата А4, состоящая из введения, четырех глав, заключения, списка используемой литературы и 2 приложений; автореферат на 20 страницах машинописного текста формата А5.

Во введении обоснована актуальность, сформулированы цель и задачи исследования, заявлена научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов работы, сформулированы положения, выносимые на защиту, обоснованы применяемые в работе методы исследования и достоверность полученных результатов, отмечен личный вклад автора в получение результатов, приведены сведения об апробации результатов работы, а также данные о публикациях по теме диссертации.

В главе 1 диссертации описаны основы термической деаэрации воды, теплообменные и массообменные процессы, протекающие в термических деаэраторах, проанализированы конструкции деаэраторов, пароструйных и водоструйных эжекторов, а также охладителей выпара. Изложены способы управления процессами тепломассообмена в деаэрационных аппаратах, приведена оценка возможности перехода от атмосферной деаэрации к вакуумной на примере котельных г. Ульяновска, сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

В главе 2 приведены способы повышения эффективности и экономичности работы котельных за счет модернизации схем включения атмосферных деаэраторов. Установлено, что в ряде промышленно-отопительных котельных распространена схема включения атмосферного деаэратора с удалением большей части выпара в атмосферу, что приводит к потерям теплоты. Также в котельных наблюдается частичный расход производственного пара на подогрев сетевой воды в теплопункте, что снижает эффективность работы котельной особенно в отопительный период. С целью исключения данных недостатков разработана схема с дополнительным подогревом обратной сетевой воды системы отопления котельной выпаром атмосферного деаэратора. Увеличение температуры обратной сетевой воды позволит достичь экономии пара, расходуемого на подогрев данной воды в теплопункте. Для автоматизации расчётов и оценки применения данной технологии к котельным с деаэраторами разной производительностью был разработан программный продукт. В качестве альтернативного решения, способствующего повышению эффективности работы котельного оборудования, разработано техническое решение, позволяющее регулировать отвод выпара атмосферного деаэратора.

Глава 3 посвящена разработке технологий повышения эффективности термической деаэрации на ТЭЦ, где рассматривались режимы работы турбины с полностью загруженными отопительными отборами и минимальными пропусками пара в конденсатор. В данных режимах количество основного конденсата турбины часто становится недостаточным для охлаждения вспомогательных теплообменников (сальниковых подогревателей, охладителей эжекторов и охладителей уплотнений), включенных в линию основного конденсата. Для исключения этих недостатков разработаны две схемы, предусматривающие использование деаэрированной воды для охлаждения вспомогательных теплообменников турбины. Также представлен расчет и оценка энергетической эффективности каждой из схем.

В главе 4 приведено обоснование двух режимов работы оборудования Ульяновской ТЭЦ-2 с целью снижения себестоимости электрической энергии: комбинированная выработка тепловой и

электрической энергии в отопительный период и выработка только тепловой энергии водогрейными котлами в неотопительный период.

Для реализации данного подхода предложена комбинированная схема работы пароструйных и водоструйных эжекторов: в отопительный период в качестве газоотводящих устройств для конденсаторов и вакуумных деаэраторов рекомендуется использовать пароструйные эжекторы, в неотопительный период при работе ТЭЦ в режиме водогрейной котельной - водоструйные эжекторы. Предложена усовершенствованная схема включения водоструйного эжектора в цикл работы ТЭЦ, которая обеспечивает достаточное охлаждение рабочей воды водоструйного эжектора за счет подмешивания данной воды к исходной, которая далее дополнительно охлаждается в градирне.

В заключении сформированы основные результаты и выводы, в полной мере отражающие содержание диссертации.

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

- доказана перспективность атмосферной деаэрации с минимально возможными расходами пара при подпитке деаэратора только конденсатом с производства с температурой выше 90 °С;
- разработаны технологические решения в части подогрева добавочной воды перед вакуумным деаэратором в теплофикационных режимах работы турбины с минимальным пропуском пара в конденсатор, позволяющие использовать деаэрированную добавочную питательную воду для охлаждения элементов конденсатно-питательного тракта турбины, способствующие повышению эффективности работы ТЭС;
- предложено техническое решение, обеспечивающее углубление вакуума в вакуумном деаэраторе за счет понижения температуры рабочей воды водоструйного эжектора и повышающее эффективность вакуумной деаэрации на ТЭЦ.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Обоснованность результатов диссертации подтверждается применением методов исследования, основанных на законах термодинамики, теории тепло и массообмена, использованием 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.

Практическая значимость диссертации:

- в части котельных: представлено решение по использованию выпара атмосферного деаэратора для подогрева сетевой воды системы теплоснабжения котельной, позволяющее исключить потери теплоты, удаляемой с выпаром деаэратора в атмосферу; разработана схема атмосферной деаэрации с регулированием отвода выпара в зависимости от подпитки деаэратора, позволяющая снизить расход пара на деаэратор; зарегистрирована программа, позволяющая выполнить расчет температур нагрева воды выпаром деаэратора в охладителе выпара и подобных теплообменных аппаратах при различных значениях удельного расхода выпара;

- в части ТЭС: разработаны схемы подогрева воды перед вакуумным деаэратором, позволяющие использовать деаэрированную воду для охлаждения вспомогательных теплообменников турбины и снижающие потери теплоты в конденсаторе турбины в режимах работы с малым пропуском пара в конденсатор; предложена схема включения водоструйного эжектора, обеспечивающая углубление вакуума в вакуумном деаэраторе за счет понижения температуры рабочей воды водоструйного эжектора.

Соответствие паспорту научной специальности

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.4.5 «Энергетические системы и комплексы» в части области исследования:

- 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».

Замечания и вопросы по диссертации

1. В п. 2.2.6 приведено сравнение эффективности разработанной технологии по использованию выпара атмосферного деаэратора применительно к 3 котельным. Одинаково ли производится процесс водоподготовки в рассматриваемых котельных?

2. В п. 2.2.5 указано, что для упрощения расчета схем котельных разработана программа «Расчет экономии пара и температурных показателей воды после нагрева выпаром атмосферного деаэратора». Какой минимальный набор параметров необходим для выполнения полного расчета в программе?

3. В п. 2.3.1 при описании плана экспериментального исследования влияния подпитки деаэратора на качество деаэрированной воды указано, что исследование проводилось с

расходом подпитки конденсатом $40 \text{ м}^3/\text{ч}$, а расход химически очищенной воды составил $4 \text{ м}^3/\text{ч}$. Исходя из чего были выбраны именно такие расходы? Проводилось ли исследование с другими расходами?

4. На странице 72 сказано, что расход пара на деаэратор составил 5-13 т/сут. Судя по рисунку 2.2.4 расход пара не превышал 11.6 т/сут . Чем обусловлена разница в обозначенных величинах?

5. На странице 72 использован термин «зимний период». Судя по тексту в состав данного периода включены также осенние месяцы. В таком случае правильнее писать «отопительный период» (см. СП 124.13330.2012 «Тепловые сети»)

6. На странице 73 в качестве расчетных параметров воды для проектируемого охладителя выпара указана скорость воды в трубах $6,5 \text{ м/с}$. Обычно в расчетах теплообменных аппаратов скорость воды принимается равной $1-2 \text{ м/с}$. Чем обусловлен выбор такой большой скорости для расчета?

7. В п. 2.3.3 при расчете экономии от сокращения объема выпара указано, что максимальный объем конденсата, поступившего в деаэратор за сутки составляет $699 \text{ м}^3/\text{сут}$ (зафиксирован 26.08.2022 г). При этом на рисунке 2.2.2 максимальный расход конденсата по данным учета составил $432 \text{ м}^3/\text{сут}$. Чем обусловлена такая разница в приведенных данных учета? Также на странице 68 по результатам анализа рисунка 2.2.2 сделан вывод, что расход конденсата по среднемесячным показателям колеблется в диапазоне $210-315 \text{ м}^3/\text{сут}$. Возможно, правильнее было бы выполнить расчет экономии с учетом этого диапазона?

8. На стр. 121 годовую экономию условного топлива от внедрения новой схемы ВПУ предлагается оценивать по формуле 3.1.41. По этой формуле имеются следующие вопросы:

- В описании к формуле сказано: «удельный расход исходного топлива на теплофикационную выработку электроэнергии принимается равным $0,15 \text{ кг}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ ». Что понимается под «исходным» топливом? Скорей всего, имеется виду «условное» топливо?

- Почему расчетный период работы водоподготовительной установки в теплофикационном режиме для г. Ульяновска принят равным 5088 ч/год ? Имеется ввиду продолжительность отопительного периода в г. Ульяновск? В таком случае по данным СП 131.13330.2020 «Строительная климатология» продолжительность отопительного периода для г. Ульяновск при среднесуточной температуре наружного воздуха не более $+8^\circ\text{C}$ составляет 205 дней или 4920 часа. Или имеется ввиду средняя продолжительность работы турбины Т-110-130 в течении года в теплофикационном режиме?

- Почему удельный расход исходного топлива в данной формуле равен разнице удельного расхода топлива в теплофикационном и в конденсационном режимах?

9. В разделе 4 предложена модернизация существующей тепловой схемы Ульяновской ТЭЦ-2 путем установки дополнительных водоструйных эжекторов, которая необходима для обеспечения работы вакуумных деаэраторов ДВ-800 в летний период. Данное решение обусловлено работой Ульяновской ТЭЦ-2 в летний период в режиме водогрейной котельной. При этом возникают следующие вопросы по Разделу 4:

- На странице 127 сказано, что нагрузка на вакуумные деаэраторы ДВ-800 складывается из расхода подпиточной воды, охлаждающей воды пароструйного эжектора и расхода сетевой воды с температурой 95 °С. Почему учитывается охлаждающая вода пароструйного эжектора? Судя по описанию предлагаемого технического решения паровые эжекторы будут использоваться только в отопительный период, а водоструйные – в неотапливаемый период.

- Почему в п. 4.1.1 оценка эффективности работы модернизированной схемы выполняется для режима работы турбоустановки в теплофикационном режиме с вакуумным деаэратором ДВ-800 и паротурбинной установкой Т-185/220-130-2? Из описания модернизированной схемы следует, что вакуумный деаэратор не будет использоваться при работе паротурбинной установки.

Указанные замечания имеют рекомендательный характер и не являются определяющими при оценке данного диссертационного исследования.

Публикации по теме диссертации

Соискателем опубликовано 22 печатные работы, 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.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация Золина Максима Вячеславовича «Повышение эффективности работы тепловых электростанций и котельных установок путем совершенствования технологий термической деаэрации», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5 «Энергетические системы и комплексы», представляет собой научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны новые научно обоснованные технические и технологические решения, обеспечивающие повышение

энергетической эффективности работы тепловых электростанций и котельных установок путем совершенствования действующих схем и процессов в деаэрационных установках.

Диссертация соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации «О порядке присуждения ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. № 842 в актуальной редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Золин Максим Вячеславович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5 «Энергетические системы и комплексы».

Официальный оппонент:

доцент кафедры «Тепловые
электрические станции»
федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Ивановский государственный
энергетический университет имени
В.И. Ленина»,
кандидат технических наук, доцент

Барочкин Алексей
Евгеньевич

03.12.2024

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»
Адрес: 153003, г.Иваново ул. Рабфаковская, 34
Email: admin@tes.ispu.ru
Телефон: +7 910 985 00 93, +7 (4932) 269-931
Сайт организации: <http://ispu.ru/>

Подпись кандидата технических наук,
доцента Барочкина А.Е. заверяю:
Ученый секретарь Совета
ФГБОУ ВО Ивановский государственный
Энергетический университет
имени В.И. Ленина
кандидат экономических наук, доцент

Вылгина Юлия
Вадимовна

03.12.2024

