

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Национальный
исследовательский университет

«Московский энергетический институт»,
д.т.н., профессор



Драгунов Виктор Карпович

« » 2021 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» на диссертационную работу Зиганшиной Светланы Камиловны «Энергосбережение в котельных установках тепловых электрических станций за счет использования вторичных энергоресурсов», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.14 – Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты

Актуальность темы

В современных условиях исключительно большое значение приобретает разработка и внедрение в промышленность энергосберегающих технологий и устройств. Значителен потенциал энергосбережения при производстве водяного пара на тепловых электростанциях, в промышленных и отопительных котельных. Одним из способов повышения экономичности котельных установок является разработка и внедрение конденсационных теплообменников-утилизаторов, позволяющих охлаждать уходящие продукты сгорания ниже точки росы и полезно использовать скрытую теплоту конденсации содержащихся в них водяных паров. Однако широкому использованию такого эффективного энергосберегающего способа как снижение температуры уходящих газов теплогенерирующих установок препятствует отсутствие достаточной научной проработки вопроса, а также отсутствие сравнительных производственных данных по параметрам работы теплоутилизационных аппаратов различных типов, эксплуатируемых в условиях выделения конденсата водяных паров из газов. Важной задачей в области ТЭС является разработка новых технологий повышения энергоэффективности котельных установок и котлов-утилизаторов паротурбинных и парогазовых ТЭС путем утилизации теплоты уходящих газов, горячего воздуха вентилируемых дымовых труб, теплоты конденсации отработавшего в турбине пара, снижения потерь энергии при

дросселировании водяного пара, потерь теплоты и теплоносителя с непрерывной продувкой барабанных котлов и экономическая оценка этих потерь, повышения качества деаэрации подпиточной воды. Диссертационная работа Зиганшиной С.К. посвящена разработке новых технологий совершенствования работы котельных установок тепловых электростанций за счет использования тепловых вторичных энергоресурсов. Анализ работы котельных установок и оборудования ТЭС производился в условиях действующего производства.

Актуальность темы диссертации определяется научной и практической значимостью, а также большим народнохозяйственным значением проблемы внедрения малозатратных технологий для энергосбережения и повышения экономичности котельных установок за счет использования тепловых вторичных энергетических ресурсов.

Содержание диссертационной работы

Диссертация изложена на 449 страницах, состоит из введения, восьми глав, выводов, списка литературы из 417 наименований и 6 Приложений.

В первой главе представлены результаты анализа литературных источников отечественных и зарубежных ученых по теме диссертационных исследований. Соискатель обобщает и анализирует существующие способы энергосбережения в области котельных установок тепловых электростанций и систем теплоснабжения. На основании проведенного обзора обоснованно делаются выводы о том, что перспективным направлением является использование конденсационных теплообменников, позволяющих охлаждать уходящие газы ниже точки росы, приведены сведения о практике использования КТ в различных странах, рассматриваются вопросы экономической эффективности, преимущества и недостатки различных типов теплообменников-утилизаторов. В числе основных задач эксплуатации котлоагрегатов является выработка чистого пара, при этом для поддержания заданной концентрации солей в котловой воде производят непрерывную продувку барабанных котлов, что повышает затраты на подготовку добавочной воды. Показано, что значимые результаты в области использования тепловых вторичных энергоресурсов на ТЭС могут быть получены за счет регенерации теплоты отработавшего в цикле рабочего тела путем подогрева низкопотенциальных теплоносителей теплотой отработавшего в турбине пара, уходящих газов энергетических котлов и котлов-утилизаторов. Отмечается, что развитие комбинированной выработки тепловой и электрической энергии в предшествующие годы на паротурбинных ТЭС в настоящее время связывается с новыми направлениями на базе газотурбинных и парогазовых технологий, отвода уходящих газов котлов-утилизаторов ГТУ в атмосферу через вытяжную башню градирни с естественной вентиляцией воздуха.

Обзор литературных источников по рассматриваемой теме выполнен ка-

чественно, что позволило автору выявить узкие места в проблеме и обоснованно сформулировать цели и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе диссертации обобщены результаты расчетно-экспериментальных исследований в области повышения экономичности котельных установок за счет конденсационных теплоутилизаторов (КТ) поверхностного типа. Представлены результаты натуральных испытаний КТ поверхностного типа, смонтированного за котлом ДЕ-10-14 ГМ Ульяновской ТЭЦ-3 и предназначенного для нагрева исходной воды перед подачей ее на химводоочистку. Опытные данные позволили впервые получить зависимость коэффициента теплопередачи КТ от скорости газов в условиях конденсации водяных паров из продуктов сгорания. Выполнен расчет экономической эффективности и срока окупаемости приведенных затрат, который составляет менее одного года. Предложены новые тепловые схемы котельных установок с максимальным использованием теплоты отводимых в атмосферу парогазовых потоков и способы подогрева охлажденных ниже точки росы водяных паров в КТ уходящих газов котла, позволяющие повысить производительность КТ и количество получаемого из газов конденсата водяных паров.

Третья глава диссертации посвящена вопросам обобщения результатов экспериментальных исследований КТ поверхностного типа. Представлена математическая модель и результаты численных исследований теплообмена охлажденных в КТ продуктов сгорания, движущихся в газоотводящей трубе, изложены методики тепловых расчетов КТ. На основании опытных данных построено уравнение подобия, описывающее теплообмен парогазового потока с поперечно обтекаемым пучком оребренных труб. Определены условия работы газоотводящих труб при отводе через них низкотемпературных влажных газов, сформулированы рекомендации по обеспечению режимов, исключаящих увлажнение и коррозионный износ внутренней поверхности трубы.

В четвертой и пятой главах представлены данные практической реализации результатов работы в области повышения экономичности котельных установок ТЭС и систем теплоснабжения за счет использования тепловых вторичных энергоресурсов. Показано, что основным путем повышения производительности КТ и количества выделяющегося из газов конденсата водяных паров является увлажнение дутьевого воздуха, что позволяет значительно снизить расход подпиточной воды тепловой сети и затраты на водоподготовку. Предложена схема котельной установки, в которой предварительный подогрев дутьевого воздуха котла производится частью уходящих газов с их охлаждением ниже точки росы водяных паров в рекуперативном теплообменнике. Обобщены результаты обследования энергокотлов различных ТЭЦ, на основании которых разработана и теоретически обоснована методика экономического расчета потерь теплоносителя и теплоты с непрерывной продувкой барабанного котла и произведена оценка влияния величины продувки на эко-

номичность котлов различного давления. Предложены способы совершенствования процесса непрерывной продувки барабанных котлов. Произведены исследования влияния α_{yx} на КПД энергетических котлов Безымянской ТЭЦ и Саранской ТЭЦ-2 и потерь энергии при дросселировании водяного пара в редукционных установках предприятия ООО «Самараоргсинтез». Полученные результаты являются новыми, направлены на решение конкретных производственных задач.

В шестой главе представлены данные комплекса экспериментальных исследований процессов деаэрации подпиточной воды тепловой сети и результаты разработок новых научно-технических решений по совершенствованию вакуумного струйно-барботажного горизонтального деаэратора типа ДВ конструкции НПО ЦКТИ-СЗЭМ и вакуумно-кавитационного деаэратора, разработанного кафедрой ТЭС СамГТУ. Результаты внедрены на Самарской ТЭЦ и на Центральной отопительной котельной Самарской ГРЭС, что позволило повысить надежность работы оборудования и трубопроводов систем теплоснабжения, за счет снижения концентрации кислорода в подпиточной воде.

Седьмая глава диссертации посвящена вопросам повышения экономичности котельных установок путем утилизации теплоты подогретого воздуха газоотводящих труб ТЭС с вентилируемым воздушным каналом. Представлены схемы утилизации теплоты и результаты численного моделирования процессов теплообмена потоков продуктов сгорания и воздуха, движущихся в разделенных футеровкой каналах, для различных режимов работы. Определены условия надежной работы дымовой трубы Самарской ТЭЦ высотой 240 м, подсчитан экономический эффект.

В восьмой главе дано описание способа предварительного подогрева дутьевого воздуха энергокотла теплотой конденсации отработавшего в турбине пара, отвода уходящих газов котла-утилизатора ГТУ в атмосферу через вытяжную башню градирни с естественной вентиляцией воздуха и промежуточного перегрева водяного пара двухконтурной парогазовой ТЭС. Представлены расчетные данные, подтверждающие возможность практической реализации результатов работы. Выполнен финансово-экономический анализ работы парогазовой установки с использованием программы «Альт-Инвест-Прим». Для ПГУ-170 использование промперегрева водяного пара приводит к снижению простоя срока окупаемости до 5,8 лет.

Новые научные результаты, полученные в диссертации

Новизна представленных в диссертации исследований сформулирована автором в девяти пунктах и состоит в создании математических моделей процессов тепломассообмена при глубоком охлаждении продуктов сгорания котельных установок, разработке перспективных тепловых схем котельных установок с высокой степенью энергосбережения. Расчетами и экспериментальными

ми исследованиями подтверждена их значительная эффективность. Предложенные соискателем способы утилизации теплоты вентилируемого воздуха газоотводящих труб ТЭС, способы совершенствования процесса непрерывной продувки барабанных котлов, экспериментальные исследования процессов деаэрации подпиточной воды систем теплоснабжения, способы совершенствования работы парогазовых установок могут найти широкое применение не только на ТЭС, но и в других областях промышленности. Новизной обладает также весь комплекс выполненных соискателем мероприятий по разработке и исследованию энергосберегающего теплоэнергетического оборудования, защищенного патентами РФ.

Результаты проведенных автором численных и экспериментальных исследований позволяют рассчитывать на достаточно общие выводы.

Степень обоснованности и достоверности защищаемых положений

Основные научные положения, выводы, рекомендации, сформулированные в диссертации, являются достоверными и обоснованными, что подтверждается расчетными и экспериментальными данными. Достоверность и обоснованность изложенных в диссертации основных научных и практических результатов обеспечиваются проведением экспериментов в условиях промышленной эксплуатации оборудования, применением методик исследования, основанных на фундаментальных законах технической термодинамики, гидродинамики, теории теплообмена, применением математического моделирования и сертифицированного программного обеспечения, удовлетворительным совпадением результатов теоретических и экспериментальных исследований, патентной чистотой разработанных научно-технических решений.

Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и практики

Совокупность изложенных в диссертации научных положений и результатов работы можно квалифицировать как решение комплекса новых научно обоснованных технических и технологических решений, имеющих важное экономическое и экологическое значение и состоящих в создании основополагающих средств и подходов принятия решений по совершенствованию теплоэнергетического оборудования с целью энерго-, ресурсо- и природосбережения путем разработки математических моделей и алгоритмов расчета соответствующих теплообменных процессов, позволяющих повысить эффективность работы котельных установок тепловых электростанций, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны. По результатам решения большинства задач в работе представлены соответствующие акты и справки, подтверждающие практическое использование результатов диссертационной работы.

Практическая значимость работы заключается в проведении экспериментальных исследований на действующем оборудовании ТЭЦ, поэтому необходимость решения основных поставленных в диссертации задач обуславливается инженерной практикой. Широкое внедрение этих решений в масштабах страны может дать большой экономический эффект и весьма целесообразно. Результаты научных разработок автора широко используются в учебном процессе при чтении специальных курсов для студентов и магистрантов в вузах РФ, организации научно-исследовательской работы студентов и аспирантов.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Рекомендуется использование результатов диссертационной работы в организациях и учреждениях, занимающихся разработкой и эксплуатацией котельных и парогазовых установок, а также в учебном процессе высших учебных заведений, осуществляющих подготовку специалистов по техническим специальностям. Конкретно использование результатов диссертации рекомендуется продолжить в следующих организациях:

- предприятиях филиала «Самарский» Публичного Акционерного общества «Т Плюс» (ПАО «Т Плюс»): Самарской ТЭЦ, ТЭЦ Волжского автомобильного завода, Тольяттинской ТЭЦ, Новокуйбышевской ТЭЦ-1, Самарской ГРЭС, Сызранской ТЭЦ; ТЭЦ Куйбышевского нефтеперерабатывающего завода;
- Саратовском государственном техническом университете имени Гагарина Ю.А. (г. Саратов);
- Самарском государственном техническом университете (г. Самара);
- Казанском государственном энергетическом университете (г. Казань);
- Ивановском государственном энергетическом университете имени В.И. Ленина (г. Иваново);
- Самарском национальном исследовательском университете имени академика С.П. Королева (г. Самара);
- Московском национальном исследовательском университете «МЭИ» (г. Москва);
- Ульяновском государственном техническом университете (г. Ульяновск);
- АО РКЦ «Прогресс» (г. Самара);
- Казанском научном центре РАН (г. Казань);
- Новосибирском государственном техническом университете (г. Новосибирск) и других университетах, научных центрах и производственных предприятиях.

Замечания и вопросы по диссертационной работе

1. В диссертации (см. стр. 155, 159) отмечается, что конденсат водяных

паров, образующийся при охлаждении ниже точки росы продуктов сгорания природного газа в КТ, может использоваться в качестве питательной воды котлов низкого давления или подпиточной воды теплосети. Однако отсутствуют данные лабораторного анализа по его качеству. Что происходит с угольной и азотной кислотой, содержащейся в конденсате? Какую обработку (очистку) конденсата следует проводить перед подачей его на подпитку теплосети?

2. На стр. 76, 77 диссертации (см. стр. 13 автореферата) отмечается, что при работе КТ снижается мощность электродвигателя дымососа. Приведенные данные соответствуют только результатам испытаний конкретного теплообменника. Можно ли использовать их для оценки аэродинамического сопротивления для других типов теплообменников и котлов? Методика расчета в диссертации отсутствует.

3. В работе представлена математическая модель и результаты численных расчетов предотвращения конденсации водяных паров из газов, движущихся в дымовой трубе (см. п. 3.6 диссертации). При этом отсутствует расчет изменения эпюры давления газов в дымовой трубе по ее высоте при определении условий не конденсации водяных паров из продуктов сгорания.

4. В разделе 4.4 представлена методика определения потерь теплоносителя и теплоты с непрерывной продувкой котлов. В чем новизна методики оценки потерь теплоты и теплоносителя с непрерывной продувкой барабанного котла? Из диссертации не видно, как меняется зависимость величины продувки от паропроизводительности котла и каким образом схема утилизации продувки влияет на снижение доли потерь теплоты.

5. В работе для повышения экономичности ТЭС предложено осуществлять рециркуляцию вентилируемого воздуха в воздушном канале дымовой трубы и направлять его в котел для горения топлива (см. главу 7, стр. 278, 280). Для снижения температуры точки росы в работе предлагается подавать в газоотводящий ствол дымовой трубы 20 – 30 % воздуха, при этом не учтено, что это приведет к увеличению аэродинамических потерь на трение в дымовой трубе и потерь с выходной скоростью, снижению самотяги дымовой трубы, что увеличит затраты энергии на привод дымососов. Увеличение аэродинамических потерь и снижение самотяги приведет к росту избыточных статических давления в дымовой трубе и к снижению надежности ее работы. 6. В восьмой главе диссертации представлена методика расчета двухконтурного котла-утилизатора для случая промежуточного перегрева водяного пара. При этом отсутствуют данные по изменению конструкции паровой турбины, что может обуславливаться подачей в ЧНД пара с более высокой температурой. Отсутствуют расчеты по изменению параметров потоков теплоносителей по тракту котла с учетом реальных режимов работы ПГУ.

7. В диссертации отсутствует список обозначений, что несколько усложняло процесс выполнения анализа содержания работы и написания отзыва.

Отмеченные выше замечания и недостатки имеют частный характер, не снижают научной и практической ценности диссертационной работы и целостности ее содержания.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати. По теме диссертации соискателем опубликовано 120 печатных работ, в том числе 4 монографии, 36 статей в рецензируемых журналах по списку ВАК РФ (включая 6 статей в журнале «Электрические станции»), 12 статей в изданиях, индексируемых в международных базах *Scopus* и *Web of Science*, 32 патентах на изобретения РФ, 5 учебных пособиях. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационная работа Зиганшиной Светланы Камиловны «Энергосбережение в котельных установках тепловых электрических станций за счет использования вторичных энергоресурсов» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой разработан комплекс новых научно обоснованных технических и технологических решений, позволяющих повысить эффективность работы котельных установок тепловых электрических станций, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны за счет экономии материальных ресурсов, органического топлива и охраны окружающей среды.

Диссертация выполнена на высоком научном и методическом уровнях, изложена технически грамотным языком, используется общепринятая терминология и обозначения. Полученные в диссертации результаты соответствуют поставленным целям.

Автореферат диссертации и опубликованные работы отражают все основные положения диссертационной работы. Результаты диссертации опубликованы в ведущих российских журналах из перечня ВАК России и международных изданиях в достаточном количестве. Значительная часть опубликованных работ написана соискателем единолично. При опубликовании научных работ в соавторстве четко обозначен личный вклад автора. При использовании результатов, полученных другими авторами, приводятся ссылки на соответствующий источник.


По актуальности, объему и уровню выполненных исследований и полноте публикаций представленная к защите в совет диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым ВАК Минобрнауки России, установленным

в п. 9-11, 13 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. в редакции от 01.10.2018 г.) к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора наук, соответствует паспорту специальности 05.14.14 – Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты.

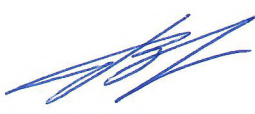
Соискатель Зиганшина Светлана Камиловна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.14 – Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты.

Отзыв утвержден на расширенном заседании кафедры «Тепловые электрические станции» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» «13» 04 2021 г., протокол № 08(01).

Заведующий кафедрой «Тепловые электрические станции» ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», доктор технических наук,
профессор


Рогалев
Николай Дмитриевич

Отзыв составлен:
Профессор кафедры «Тепловые электрические станции», доктор технических наук, профессор


Тупов
Владимир Борисович

Профессор кафедры «Тепловые электрические станции», кандидат технических наук, доцент


Прохоров
Вадим Борисович

Доцент кафедры «Тепловые электрические станции», кандидат технических наук, доцент


Ильин
Евгений Трофимович

Подписи Тупова В.Б., Прохорова В.Б., Ильина Е.Т.
заверяю:

Начальник управления по работе с персоналом НИУ «МЭИ», кандидат технических наук




Савин
Никита Георгиевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ».

111250, Россия, г. Москва, ул. Красноказарменная, дом 14.

Телефон: +7 (495) 362-75-60, +7 (495) 362-71-57.

Сайт: <https://mpei.ru>

E-mail: TESmpei@gmail.com

Сведения о лице, утвердившем отзыв ведущей организации на диссертацию:
Драгунов Виктор Карпович, Проректор по научной работе ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»:

111250, Россия, г. Москва, ул. Красноказарменная, дом 14,

телефон: +7 495 362-77-22, e-mail: DragunovVK@mpei.ru, сайт:

<https://mpei.ru>