

Отзыв

официального оппонента Дмитриева Сергея Сергеевича на диссертационную работу Птахина Антона Викторовича **«Исследование пусковых и переменных режимов воздушных конденсаторов и сухих градирен паровых турбин»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.12 – «Турбомашины и комбинированные установки»

1. Актуальность избранной темы.

Парящие градирни стали частью пейзажа многих населенных пунктов. Однако жесткие ограничения по использованию воды и ограничения в ее наличии во многих странах приводят к увеличению потребности в сухих воздушных системах охлаждения.

Известно, что главным газом, создающим парниковый эффект, является именно водяной пар. Следующий по значению парниковый газ – диоксид углерода (CO_2). Если использовать сухие градирни (СГ) то, без учёта изменения КПД, для ТЭС на угле и на газе суммарный парниковый эффект в CO_2 -эквиваленте уменьшится почти в 2 раза, а для АЭС будет нулевым.

Следует также отметить, что одна из причин применения СГ на угольных электростанциях Китая – исключение кислотных дождей, т. к. при испарительном охлаждении смешение уходящих газов с испарениями градирен приводит к кислотным дождям, существенно влияющим на продукцию близлежащих сельхозугодий.

Применение конденсатора с воздушным охлаждением (ВКУ) позволяет отказаться от использования градирен как мокрого, так и сухого типа. В последних охлаждающая жидкость часто является химически активной (антифриз, гликоль, спиртовые растворы и т.д.) и в случае разлива может принести вред окружающей среде. Кроме того она имеет значительную стоимость.

Спрос на воздушные конденсаторы и сухие градирни во всем мире резко растет. Важнейшим направлением совершенствования данных установок является повышение их эффективности и эксплуатационной надёжности.

Работа ВКУ и сухих градирен в странах с теплым климатом не вызывает особых проблем. Однако в России в процессе эксплуатации замерзание и разрушение поверхности ВКУ и СГ без применения специальных мер практически неизбежно. Кроме того, работа ВКУ и СГ в условиях отрицательных температур окружающего воздуха исследована явно недостаточно. Поэтому вопросы расчёта, проектирования и эксплуатации ВКУ и СГ, исследование их характеристик при различных внешних условиях, решаемые в представленной работе, являются крайне *актуальными* для энергетики России.

2. Обоснованность и достоверность основных научных положений, выводов и рекомендаций.

Основные положения, представленные на защиту, получены автором на основе лабораторных и натурных экспериментов. Автор разрабатывал физиче-

скую и математическую модели нагрева и охлаждения теплообменных поверхностей воздушных конденсаторов и сухих градирен, пользуясь собственными опытными данными. Предложенную им методику пересчёта нагрева на любые начальные температуры окружающего воздуха он верифицировал на основе экспериментов. При этом во всех опытах было использовано аттестованное измерительное оборудование, удовлетворяющее требованиям точности эксперимента. Это позволяет считать основные научные положения, выводы и рекомендации представленной диссертационной работы *обоснованными и достоверными*.

3. Научная новизна.

В диссертационной работе:

- впервые получены опытные данные по динамике прогрева и охлаждения теплообменных поверхностей воздушных конденсаторов при отрицательных температурах окружающего воздуха;
- предложены физическая и математическая модели прогрева и охлаждения теплообменных поверхностей воздушных конденсаторов и сухих градирен, позволяющие обобщить результаты экспериментов при различных начальных условиях;
- дополнена методика расчёта переменных режимов работы воздушных конденсаторов для частичных тепловых нагрузок;
- впервые получены экспериментальные данные по параметрам работы сухой градирни в режиме «тёплой камеры», подразумевающим намеренное снижение теплоотвода от установки при отключении вентиляторов и закрытии жалюзийных устройств, ограничивая таким образом движение охлаждающего воздуха через поверхности теплообмена при отрицательных температурах окружающего воздуха;
- на базе экспериментальных исследований предложена зависимость допустимой минимальной тепловой нагрузки для сухой градирни, обеспечивающей безопасную её эксплуатацию, от температуры окружающего воздуха.

4. Научная и практическая значимость полученных результатов.

Результаты, полученные автором, вносят важный вклад в понимание процессов эксплуатации сухих градирен и воздушных конденсаторов на переменных режимах, в процессе их прогрева и остывания и позволяют на этой основе разработать более совершенные инструкции по пуску и эксплуатации таких установок, учитывающие особенности их работы на нерасчётных режимах и в условиях отрицательных температур окружающего воздуха. Были определены минимально допустимые тепловые нагрузки, обеспечивающие безопасную эксплуатацию ВК и СГ в зимних условиях.

Результаты диссертационной работы Птахина А.В. вполне могут быть использованы при проектировании и эксплуатации воздушных конденсаторов и сухих градирен паровых турбин, что определяет *практическую ценность* диссертации.

Основные научные результаты опубликованы в 14 печатных работах, в том числе в 8 статьях в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК для направления 05.04.12 и доложены на 8 всероссийских научных конференциях, где получили высокую оценку специалистов.

5. Оценка содержания диссертации и автореферата.

Диссертация включает в себя введение, шесть глав и заключение.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, поставлена цель и задачи исследования, раскрыты научная новизна и практическая значимость полученных результатов, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава представляет собой обзор литературы по теме диссертации. Обзор структурирован, включает в себя фотографии, схемы и формулы. Из выводов к главе ясна актуальность работы и цель исследования.

Вторая глава посвящена экспериментальным исследованиям пусковых режимов прогрева макетов воздушных конденсаторов. Автор приводит достаточно большой массив данных для различных способов прогрева. Для варианта прогрева теплообменной поверхности паром снаружи было определено влияние расхода греющего пара, расстояния от коллектора греющего пара до теплообменной поверхности и направления подачи греющего пара на её прогрев.

В третьей главе предложены физическая и математическая модели процессов прогрева и охлаждения теплообменных поверхностей воздушных конденсаторов. Предложена и верифицирована методика пересчёта динамики прогрева и охлаждения теплообменных поверхностей к произвольным начальным температурам окружающей среды.

Четвёртая глава посвящена экспериментальным исследованиям прогрева натурной секции воздушного конденсатора. Эксперименты проведены с учётом информации, полученной на макетах воздушных конденсаторов. Представленные результаты испытаний подтвердили корректность выбранных технических решений по обеспечению надёжной работы ВК и СГ при отрицательных температурах окружающего воздуха.

В пятой главе выполнен анализ работы натурной секции воздушно-конденсационной установки на нерасчётных режимах: при переменном расходе охлаждающего воздуха и фиксированной тепловой нагрузке; при переменной тепловой нагрузке при фиксированном расходе воздуха и при подаче дополнительного воздуха внутрь парового тракта секции. Полученные результаты позволяют скорректировать методику расчёта параметров воздушных конденсаторов на нерасчётных режимах работы.

В шестой главе исследованы тепловые режимы оборудования при работе сухой вентиляторной градирни DC-13000-52-38-110 блока мощностью 220 МВт на базе газотурбинной установки ГТЭ-160 и паровой турбины Т-56/73-7,8/0,04 в условиях отрицательных температур охлаждающего воздуха. Полученные результаты позволяют на стадии проектирования оценить диапазон минимальных тепловых нагрузок, допустимых для безаварийной работы воздушных конден-

саторов и сухих вентиляторных градиен при отрицательных температурах окружающего воздуха.

Заключение соответствует поставленным целям и полученным результатам.

Автореферат диссертации соответствует идеям, содержанию и выводам работы.

6. Замечания по диссертационной работе:

1. Сравнение вариантов ВКУ с прямой конденсацией, по схеме Геллера со смешивающим конденсатором и с поверхностным конденсатором в табл. 1.1 не очень понятно. Сравняются 3 варианта, а столбцов для сравнения - 2.

Не очень понятно также, почему для смешивающего конденсатора принята кратность циркуляции на уровне поверхностного конденсатора. Известным преимуществом смешивающих конденсаторов является меньший расход охлаждающей воды.

Кроме того, сравнение вариантов только по площади охлаждаемой воздухом поверхности не является корректным и не дает полного представления о положительных и отрицательных сторонах возможного применения той или иной схемы.

2. На стр. 28 работы читаем смелое утверждение "Формулы для расчета коэффициента теплопередачи... имеют эмпирический характер и слабо отражают физические особенности конденсации пара в трубном пучке". Но одновременно чуть ниже читаем, что "для инженерных расчетов конденсаторов с достаточной для практических целей точностью могут быть рекомендованы методики ВТИ, ИТО США, КТЗ и УГТУ-УПИ". Непонятно, что же делать, если в тексте не отдано предпочтение ни одной методике.

3. Схему реперных точек для размещения термопар на теплообменном модуле макета на рис. 2.4 следовало бы обосновать. Почему на входной поверхности термопар 6, а на выходной - только 2. Аналогично схему размещения термопар на теплообменном модуле ВКУ на рис. 4.10 также следовало бы обосновать.

4. В качестве критерия при проведении экспериментов была выбрана "величина относительного прогрева металла теплообменника (разности конечной, в установившемся режиме, и начальной температур) для места измерения, где этот прогрев максимален, и для места, где он минимален", но эти места и соответствующие номера термопар в тексте не указаны.

7. Заключение по диссертации.

Отмеченные замечания не влияют на общее положительное впечатление от диссертационной работы. В целом представленная работа выполнена на высоком научном уровне и по своему содержанию **соответствует заявленной специальности.**

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли достаточную апробацию на научно-технических конференциях и опубликованы в научных трудах соискателя.

Работа «Исследование пусковых и переменных режимов воздушных конденсаторов и сухих градиентных паровых турбин», соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (п. 9), а ее автор Птахин Антон Викторович заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.12 – «Турбомашин и комбинированные турбоустановки».

Официальный оппонент

к.т.н., доцент, зам. зав. кафедрой
по научной работе кафедры паровых
и газовых турбин им. А.В. Щегляева
111250, Москва, Красноказарменная ул., д. 14
e-mail: DmitriyevSS@mpei.ru
+7(916)536-01-45

Дмитриев Сергей Сергеевич

Подпись Дмитриева С.С. заверяю



ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА
УПРАВЛЕНИЯ ПО РАБОТЕ С ПЕРСОНАЛОМ
Л.И.ПОЛЕВАЯ