

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке
ФГАОУ ВО «Уральский
федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н.
Ельцина», к.ф.м.н., ст. научн. сотр.
Кружаев В.В.
«15» сентября 2019 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный
университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
на диссертацию Птахина Антона Викторовича на тему
«Исследование пусковых и переменных режимов воздушных конденсаторов и
сухих градири паровых турбин»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.04.12 – «Турбомашины и комбинированные установки»

Диссертация посвящена исследованию особенностей расчёта, проектирования и эксплуатации воздушно-конденсационных установок и сухих градири на тепловых электростанциях, в том числе вопросам пуска и эксплуатации при отрицательных температурах окружающей среды.

Актуальность рассматриваемых в диссертации задач обусловлена ростом спроса на воздушно-конденсационные установки и сухие градири, связанным, в первую очередь, с экологическими и экономическими предпосылками. Вопросы расчёта, проектирования и эксплуатации воздушно-конденсационных установок и сухих вентиляторных градири в климатических условиях России и стран СНГ, исследование характеристик этих установок на нерасчётных режимах работы, решение проблемы из запуска в условиях отрицательных температур окружающего воздуха, имеют несомненную актуальность.

Цель и задачи исследований. Целью диссертационной работы является получение новых данных о нерасчётных режимах работы воздушных конденсаторов (ВК) и сухих вентиляторных градири (СГ), в том числе, в зимний период времени и определение их тепловой эффективности, а также разработка методики расчёта и повышение надёжности эксплуатации данных установок.

Структура, объём и содержание диссертационной работы.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы из 104 наименований и изложена на 156 страницах машинописного текста, включая 17 таблицы и 67 рисунков.

Во введении отмечена актуальность диссертационной работы, ее теоретическая и практическая значимость, научная новизна; поставлены цели и задачи исследования, представлены основные положения, выносимые на защиту.

В главе 1 сопоставлены характеристики воздушных конденсаторов и сухих градирен в сравнении с классическими водоохлаждаемыми аппаратами, описано их место в современной энергетике; проанализированы и сопоставлены различные принципиальные схемы воздушных конденсаторов и сухих градирен; изложены особенности конструкции установок, их модулей и оребренных теплообменных труб; дана оценка перспектив использования технологии сухого охлаждения в России; выполнен обзор и анализ методик расчёта конденсаторов паровых турбин. Также рассмотрены проблемы пуска ВК и СГ в холодное время года и описаны существующие методы решения данной проблемы. Сделан вывод о том, что существующие методы расчёта номинального и переменных режимов работы водяных конденсаторов применительно к ВКУ требуют существенной корректировки.

В главе 2 приведены результаты экспериментальных исследований различных способов прогрева теплообменных модулей ВК и СГ. Были рассмотрены варианты прогрева как снаружи, так и изнутри теплообменной поверхности. В качестве источников тепла использовались тепловые пушки (горячий воздух), парогенерирующая установка и компрессор (горячий сжатый воздух). Для варианта прогрева паром снаружи теплообменной поверхности автором работы получены зависимости температуры металла в зависимости от ряда параметров прогрева, таких как расход пара, расстояние от коллектора пара до теплообменной поверхности и от угла наклона коллектора греющего пара к нормали плоскости теплообменной поверхности. Показано, что итоговая максимальная температура прогрева металла теплообменников паром снаружи слабо зависит от начальной температуры окружающей среды. Показано, что время, за которое необходимо осуществить запуск ВК после его прогрева, определяется скоростью охлаждения теплообменной поверхности и составляет порядка 30 минут.

В главе 3 приводятся физическая и математическая модели процессов прогрева и охлаждения воздушных конденсаторов. Данные модели основаны на графиках нагрева и охлаждения теплообменных поверхностей, полученных автором. Разработана методика пересчёта экспериментальных данных, полученных при прогреве и охлаждении теплообменного модуля при подаче пара на внешние поверхности теплообмена ВК, на произвольные температуры окружающей среды. Данная модель верифицирована путём сопоставления результатов испытаний при -20°C с результатами пересчёта данных, полученных при -5°C на -20°C . Методика пересчёта экспериментально апробирована и может быть рекомендована к использованию на практике. Показано, что при прогреве ВК паром снаружи температура пара слабо влияет на скорость и температуру прогрева.

В главе 4 представлены результаты экспериментальных исследований, выполненных автором диссертационной работы на натурной секции воздушного конденсатора. Исследования проведены с учётом данных, полученных на масштабных макетах ВК, представленных в главе 3. Получена приемлемая равномерность температур прогретой теплообменной поверхности. Данная методика применима к промышленным установкам (ВК и СГ) и позволяет обеспечить безопасный их ввод в эксплуатацию в зимний период времени, когда температура окружающего воздуха опускается ниже нуля, вплоть до -40°C .

В главе 5 приводятся результаты исследования переменных режимов работы натурной секции воздушного конденсатора, в том числе влияние тепловой нагрузки, расхода охлаждающего воздуха и величины подсосов окружающего воздуха в пар на коэффициент теплопередачи теплообменной поверхности. Приводятся термограммы теплообменной поверхности натурной секции воздушного конденсатора в процессе её работы. Показано, что при низком содержании воздуха в паре возможна ситуация, когда при конденсации пара на неполной длине труб в первом их ряду остальная их часть оказывается не только заполнена неконденсирующимися газами, но и частично задействуется за счёт подсоса в неё снизу пара из других ходов. В целом натурная секция ВК показала высокую эффективность работы на переменных режимах. На базе экспериментальных данных разработана поправка к методике расчёта переменных режимов работы воздушных конденсаторов.

В главе 6 приводятся результаты исследования тепловых режимов работы оборудования сухой вентиляторной градирни. Автором проведены экспериментальные исследования работы СГ в режиме «тёплой камеры». На основе опытных данных построен график зависимости минимально допустимой тепловой нагрузки на градирню, обеспечивающей безопасную её эксплуатацию при отрицательных температурах окружающего воздуха.

В заключении изложены основные результаты, полученные в диссертационной работе.

Анализ содержания диссертации и полученных её автором результатов показал, что поставленные задачи в целом **решены**, а поставленная в работе цель **достигнута**.

Научная и практическая значимость полученных результатов заключается в том, что они могут быть использованы при проектировании и эксплуатации воздушных конденсаторов и сухих вентиляторных градирен паровых турбин. По результатам диссертационного исследования

- разработаны рекомендации по безопасному вводу в эксплуатацию ВК и СГ в климатических условиях России и стран СНГ;

- определены минимально допустимые тепловые нагрузки на ВК и СГ, обеспечивающие безопасную их эксплуатацию при отрицательных температурах окружающего воздуха;

- уточнены методики расчёта переменных режимов работы установок с учётом специфики воздушных конденсаторов.

Достоверность результатов исследований обоснована автором применением аттестованных измерительных средств, анализом результатов измерений и хорошим согласованием опытных и расчётных данных.

Опубликование и апробация результатов работы проведены в полной мере. По теме диссертации опубликовано 14 научных работ, в том числе 8 статей в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК для направления 05.04.12 и доложены на 8 всероссийских научных конференциях.

Текст диссертации и автореферата изложен логично и понятно, в научном стиле. Структура и логика представления не вызывают вопросов. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертационной работы.

Замечания по работе

- 1) Отсутствует раздел «личный вклад автора» во введении диссертации;
- 2) Следовало бы выполнить постановку задачи в выводах к I главе явным образом;
- 3) с.46 Известно, что термопары измеряют температуру участка длиной 5...10 диаметров чувствительного спая. Какой был диаметр спая

термопар, закрепленных между рёбер теплообменника и какую температуру показывали термопары во время эксперимента при таком креплении?

- 4) В разделе 2.3. при расчёте погрешности измерения температур учитывается систематическая часть погрешности как термопреобразователей, так и вторичных приборов, хотя на с. 46 указано, что термопары, используемые в эксперименте, поверены и откалиброваны вместе с вторичным преобразователем ТРМ-148 для уменьшения погрешности показаний. Вообще говоря, погрешность разности температур уже является погрешностью косвенной величины и будет выше, чем погрешности каждой из этих температур, особенно это касается относительной погрешности;
- 5) Чем обусловлен тот факт, что при разнице начальных температур окружающего воздуха 53°C разность максимальных температур прогретого металла составит всего 20°C ? (с. 80)

Заключение по диссертационной работе

Отмеченные замечания не изменяют общей положительной оценки диссертационной работы. В целом представленная работа выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, связанную с совершенствованием воздушно-конденсационных установок и сухих вентиляторных градиен, предназначенных для конденсации пара от энергетических паровых турбин.

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 градиен паровых турбин», соответствует требованиям ВАК РФ, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» (пункт 9) для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, в которой содержатся новые научно-обоснованные технические и технологические решения, имеющие существенное значение для энергетической отрасли страны, а ее автор Птахин Антон Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по

специальности 05.04.12 — «Турбомашины и комбинированные турбоустановки».

Отзыв на диссертацию и автореферат подготовлен рассмотрен и обсуждён на расширенном заседании кафедры «Турбины и двигатели» 03 июня 2019 года, протокол № 7

Отзыв подготовил:

зав. кафедрой «Турбины и двигатели»

проф., д. т. н.



Юрий Миронович Бродов

тел. 8(343)3754851, e-mail: turbine66@mail.ru

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, кафедра «Турбины и двигатели»

ПОДПИСЬ
ЗАВЕРЯЮ.

Бродова Ю.М.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ УРФУ
ОЗЕРЕЦ Н.Н.

