

**ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ДОЦЕНТА
МОРОЗОВА АНДРЕЯ ВЛАДИМИРОВИЧА
НА ДИССЕРТАЦИЮ КАРТУЕСОВОЙ АННЫ ЮРЬЕВНЫ
«РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СЕКЦИЙ ВАКУУМНОГО
КОНДЕНСАТОРА ПАРОТУРБИНОЙ УСТАНОВКИ В УСЛОВИЯХ
НЕРАВНОМЕРНОГО ТЕПЛОСЪЕМА»
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ
2.4.7. ТУРБОМАШИНЫ И ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ**

В диссертационной работе А.Ю. Картуесовой исследуются процессы, связанные с неравномерным отводом тепла от различных секций конденсатора паровой турбины. Одним из возможных способов решения данной проблемы, рассмотренным в данной работе, является совершенствование системы отвода паровоздушной смеси из конденсатора. Применение данного технического решения позволяет повысить эффективность всей тепловой электрической станции. Поэтому изучение путей совершенствования и оптимизации конденсационных устройств паротурбинных установок представляет собой **актуальную тему исследования.**

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

- проведен анализ работы секционных конденсаторов паротурбинных установок в случае неравномерного отвода тепла с поверхности трубного пучка;
- выполнено экспериментальное исследование режимов работы макета конденсатора при неравномерном охлаждении части теплообменной поверхности и наличии паро-воздушной смеси на входе;
- разработана технология повышения экономичности и надежности совместной работы вакуумных конденсаторов и пароструйных эжекторов,

основанная на установке в линию эжектирования паровоздушной смеси дроссельных шайб;

– установлено наличие оптимального диаметра дроссельной шайбы для заданных условий работы конденсатора;

– разработана методика расчета оптимального диаметра дросселя для многосекционных конденсаторов паротурбинных установок.

Теоретическая значимость диссертационного исследования состоит в том, что результаты выполненных исследований вносят значительный вклад в понимание процессов взаимодействия конденсатора и газоудаляющего устройства в условиях работы, отличных от расчетных.

Достоверность результатов и обоснованности положений, выводов и рекомендаций диссертационного исследования определяется тем, что в нем:

– выполнен подробный анализ текущего состояния проблемы неравномерного теплосъема при работе многосекционных конденсаторов, приведённый в первых главах диссертации;

– осуществлены детальное планирование экспериментов и тщательная разработка методов обработки экспериментальных данных;

– использованы методики, соответствующие объекту и предмету исследования, его цели и задачам, и измерительные приборы, имеющие допустимую погрешность в исследуемом диапазоне измеряемых величин.

Практическая значимость исследования заключается в разработке новых технических решений, направленных на повышение эффективности работы вакуумного конденсатора пара путём установки дроссельных шайб в линии эжектирования паро-воздушной смеси. Предложенная автором методика позволяет рассчитывать оптимальный диаметр дросселей для различных систем секционных вакуумных конденсаторов.

Личный вклад автора в получение результатов, изложенных в диссертации, заключается в участии в постановке задач, планировании, организации и проведении эксперимента, обработке и анализе полученных

данных, а также разработке методики расчета оптимального диаметра дроссельных шайб для многосекционных конденсаторов.

Структура диссертации. Материалы диссертации изложены на 151 странице, включая 48 рисунков, 15 таблиц и 13 страниц приложения. Диссертация обладает внутренним единством и состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений, перечня литературных источников (83 позиции) и приложения.

Во введении сформулированы цели и задачи работы, представлены защищаемые положения, личный вклад автора, научная новизна и данные о практической ценности, достоверности, достоверности и апробации полученных результатов.

В первой главе проведен обзор работы конденсационных устройств паротурбинных установок и изучено влияние различных параметров на эффективность их работы. Рассмотрены основные методы расчета теплофизических и гидравлических параметров конденсаторов. Описаны конструкции различных газоудаляющих устройств, применяемых в конденсационных установках турбин, включая пароструйные и водоструйные эжекторы, а также водокольцевые насосы. Выявлены основные причины возникновения неравномерного теплосъема в секционных вакуумных конденсаторах паротурбинных установок и рассмотрены способы борьбы с ним.

Во второй главе диссертации автором проанализированы процессы, имеющие место при неравномерной конденсации пара в трубном пучке теплообменного аппарата. Представлен алгоритм и результаты расчета по распределению потоков паровой среды в режимах полного и ухудшенного охлаждения секции воздушного конденсатора, состоящей из нескольких модулей. Описана разработанная методика расчета оптимального диаметра дросселя для многосекционных конденсаторов.

В третьей главе представлено описание экспериментального стенда макета вакуумного конденсатора пара, на котором были выполнены

исследования. Перечислено основное оборудование установки, дано описание измерительных каналов и использованных датчиков. Приведены методики проведения экспериментальных исследований, обработки данных и оценки погрешности.

Четвёртая глава посвящена анализу полученных результатов экспериментальных исследований влияния неравномерности охлаждения, расходов воздуха и размеров дросселей на параметры работы макета конденсатора пара. Приведено подробное описание всех десяти режимов испытаний, реализованных на стенде. Представлены основные результаты опытов, включая изменение основного параметра, характеризующего эффективность работы конденсатора - располагаемой разности температур. Определен эффективный диаметр дросселирующего устройства, установленного на линии эжектирования паро-воздушной смеси из конденсатора.

В пятой главе представлены результаты расчета многосекционного конденсатора пара с трехходовыми теплообменными модулями в условиях неравномерного теплосъема на основании ранее разработанной методики. Проведен выбор диаметра дроссельной шайбы, при котором реализуется наиболее эффективный режим работы конденсационной установки.

В заключении диссертации подведены итоги и перечислены основные результаты выполненной работы.

Материалы диссертации изложены А.Ю. Картуесовой в достаточно полной мере в 20 печатных работах, включая 4 статьи в рецензируемых журналах из Перечня ВАК, 6 статей в журналах, входящих в базы данных «Scopus» и «Web of Science» и один патент РФ на полезную модель.

К диссертационному исследованию имеются следующие вопросы и замечания:

1. В первой главе работы проведен сравнительный анализ различных устройств, применяемых для удаления неконденсирующихся газов из конденсаторов. В результате выполненного сравнения сделан однозначный

вывод, что наиболее оптимальным устройством для выполнения данной функции является пароструйный эжектор, а также перечислены его преимущества по сравнению с водокольцевыми насосами. В то же время, известно, что в современных энергоблоках АЭС с реакторами ВВЭР-1200 (например, 6 и 7 блоки Нововоронежской АЭС) наблюдается обратная тенденция перехода от использования в конденсаторах турбины пароструйных эжекторов к водокольцевым насосам. Это объясняется уменьшением времени набора вакуума, а также возможностью поддержания более глубокого вакуума в конденсаторе турбины. Не могла бы автор работы прокомментировать данную тенденцию по выбору устройств для удаления неконденсирующихся газов в конденсаторах современных паротурбинных установок?

2. Пункт 1.1 работы не совсем корректно назван «Роль конденсационных установок в цикле ПТУ тепловых станций». Основное содержание данного раздела диссертации представляет собой обзор расчетных зависимостей, используемых для расчета процессов в конденсаторе ПТУ при работе на паре и паровоздушной смеси.

3. Диапазон диаметров дросселей в таблице 5.2 на странице 123 диссертации (0,02-0,8 м) и в описании к данной таблице (0,025-0,2 м) – не совпадает.

4. На стр. 11 и 13 диссертации приводится ссылка на работу Л.Д. Бермана – [81], однако в списке литературы под этим номером представлена работа: Standards for Steam Surface Condensers, подготовленная и выпущенная Heat Exchange Institute (HEI).

Эти замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования.

Диссертация А.Ю. Картуесовой представляет собой завершенную научно-квалификационную работу. Разработанное и обоснованное автором техническое решение по оптимизации работы системы удаления паровоздушной смеси из конденсатора может быть использовано для повышения эффективности отечественных паротурбинных установок.

Автореферат отражает основные положения диссертационной работы.

Тема и содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности.

Диссертация Картуесовой Анны Юрьевны «Расчетно-экспериментальное исследование параллельной работы секций вакуумного конденсатора паротурбинной установки в условиях неравномерного теплосъема» удовлетворяет требованиям пунктов 9, 10, 11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. (ред. от 25.01.2024 г.) № 842.

Соискатель Картуесова Анна Юрьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.7. Турбомашины и поршневые двигатели (технические науки).

**Официальный оппонент,
доктор технических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник
Акционерного общества
«Государственный научный центр
Российской Федерации –
Физико-энергетический институт
имени А.И. Лейпунского»
Морозов Андрей Владимирович**

03 сентября 2024 г.

А.В. Морозов

Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского» (АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»)
Российская Федерация, 249033, Калужская область, г. Обнинск, пл. Бондаренко, д. 1
Тел.: +7 (484) 399-81-19,
Электронная почта: sas@ippe.ru



Полностью Морозова А.В. удостоверяю:
Сотрудник ОДО АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»
Л.С. Баруткина 03.09.2024г.
Л.С. Баруткина