

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 75.1.001.01,

созданного на базе открытого акционерного общества

«Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени

теплотехнический научно-исследовательский институт»,

по диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 26.09.2024, № 3

О присуждении Картуесовой Анне Юрьевне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук

Диссертация «Расчетно – экспериментальное исследование параллельной работы секций вакуумного конденсатора паротурбинной установки в условиях неравномерного теплосъема» по специальности 2.4.7. Турбомашины и поршневые двигатели (технические науки) принята к защите 23.07.2024, протокол № 2, советом 75.1.001.01 по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, созданным на базе открытого акционерного общества «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический научно-исследовательский институт» (Российская Федерация, 115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 14) на основании приказа Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 21 ноября 2023 г. № 2133/нк.

Соискатель Картуесова Анна Юрьевна, 1991 года рождения, в 2013 году окончила с отличием Калужский государственный университет имени К.Э. Циолковского по специальности «Физика с дополнительной

специальностью». Работает в должности инженера-конструктора 1-ой категории Конструкторского бюро термодинамических и газодинамических расчетов Закрытого акционерного общества «Научно-производственное внедренческое предприятие «Турбокон» с апреля 2014 года по настоящее время.

Диссертация выполнена Закрытом акционерном обществе «Научно-производственное внедренческое предприятие «Турбокон».

Научный руководитель – Мильман Олег Ошерович, Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор, Президент Закрытого акционерного общества «Научно-производственное внедренческое предприятие «Турбокон».

Официальные оппоненты:

Крюков Алексей Павлович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры низких температур Института тепловой и атомной энергетики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва;

Морозов Андрей Владимирович, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Акционерного общества «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А. И. Лейпуновского», г. Обнинск Калужской области, -

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург Свердловской области, - в своем положительном отзыве, подписанным заведующим кафедрой «Турбины и двигатели» университета, кандидатом технических наук, доцентом Комаровым О.В. и профессором кафедры «Турбины и двигатели», доктором технических наук, профессором Аронсоном К.Э., утвержденным проректором по научной работе, доктором физико-математических наук, профессором Германенко А.В., сделала вывод, что диссертационное исследование Картуесовой А.Ю. «Расчетно -

экспериментальное исследование параллельной работы секций вакуумного конденсатора паротурбинной установки в условиях неравномерного теплосъема» является законченной научно-исследовательской работой, в которой на основании выполненных автором исследований представлено решение актуальной научно-технической проблемы, которое имеет важное значение для развития теплоэнергетической и энергомашиностроительной отраслей народного хозяйства Российской Федерации в части разработки и совершенствования конструкций элементов и схем удаления неконденсирующихся газов из теплообменного оборудования паротурбинных установок с вакуумными конденсаторами, функционирующих под разрежением.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью и достижениями в исследовании вопросов по тематике диссертационной работы, а также наличием многочисленных публикаций в соответствующей сфере исследования.

Картуесова А.Ю. имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 20 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, - 4 работ. 5 научных статей по теме диссертационного исследования проиндексированы в международных базах данных Scopus и Web of Science.

Опубликованные научные работы Картуесовой А.Ю. в полной мере отражают результаты проведенного исследования, его выводы и заключения, раскрывают основные положения, выносимые на защиту. Все опубликованные научные работы характеризуются глубоким осмыслением проблемы, изложенной в диссертации.

Наиболее значимые работы, опубликованные по теме диссертации:

1. Картуесова, А.Ю. Экспериментальное исследование характеристик сопл Лавалья для реактивных турбин / А.Ю. Картуесова, О.О. Мильман, А.Л. Голдин [и др.] // Теплоэнергетика. – 2023. – № 12. – С. 138-157. – doi: 10.56304/S0040363624010065 (авторство не разделено, 0,9 п.л.) *(Представлены результаты экспериментального исследования сопл Лавалья в широком диапазоне степеней расширения, работающих на вскипающей воде; описаны экспериментальная установка, конструктивные особенности сопла; проведен*

анализ полученных данных по коэффициенту расхода, коэффициенту скорости, степени расширения);

2. Картуесова, А.Ю. Оптимизация параметров высокоэффективного конденсатора пара из парогазовой смеси с большим содержанием неконденсирующихся газов / А.Ю. Картуесова, О.О. Мильман, В.С. Крылов [и др.] // Теплоэнергетика. – 2021. – № 12. – С. 62-67. – doi: 10.1134/S0040363621120067 (авторство не разделено, 0,3 п.л.) *(Предложена методика и программа расчета конденсатора пара из парогазовой смеси с сохранением ее скорости по глубине трубного пучка);*

3. Картуесова, А.Ю. Исследование параллельной работы секций вакуумного конденсатора в условиях неравномерного охлаждения / А.Ю. Картуесова, О.О. Мильман, Г.Г. Яньков [и др.] // Теплоэнергетика. – 2019. – № 2. – С. 5-12. – doi: 10.1134/S0040363619020024 (авторство не разделено, 0,4 п.л.) *(Проанализированы результаты экспериментальных исследований на разработанном экспериментальном стенде модели секционного конденсатора пара);*

4. Картуесова, А.Ю. Особенности работы теплообменных аппаратов с конденсацией пара внутри труб / А.Ю. Картуесова, О.О. Мильман, Е.А. Лошкарева, А.Ю. Калинин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2015. – № 5-2. – С. 151-160 (авторство не разделено, 0,5 п.л.) *(Проанализированы особенности влияния схемы движения теплоносителя на конденсацию насыщенного и перегретого пара);*

5. Kartuesova, A.Y., Ptakhin, A.V., Krylov, V.S. (2022). Study of the Orifice Inserts Influence on the Multisection Vacuum Condenser Operation under Heating Conditions. Lecture Notes in Mechanical Engineering. No. 12. Pp. 179-187. doi: 10.1007/978-981-16-9376-2_18 (авторство не разделено, 0,4 п.л.) *(Предложена методика расчета оптимального диаметра дросселя для любых секционных конденсаторов, охарактеризованы ключевые зависимости методики);*

6. Kartuesova A.Y., Mil'man O.O., Goldin A.S., Shifrin B.A. [et al.] (2023). Experimental Investigation into Performance of Laval Nozzles for Reaction Turbines // Thermal Engineering. – 2023. – Vol. 70, No. 12. – P. 1083-1101. – DOI 10.1134/s0040601524010063 *(Выявлены на основании экспериментальных*

исследований и проанализированы характеристики оценки эффективности реактивной гидропаровой турбины);

7. Kartuesova A.Y., Krylov V.S., Mil'man O.O., [et al.]. (2021). Optimizing Parameters of a High-Efficiency Steam Condenser from a Steam-Gas Mixture with a Large Content of Noncondensing Gases // Thermal Engineering. – 2021. – Vol. 68, No. 12. – P. 930-935. – doi: 10.1134/S0040601521120065 (авторство не разделено, 0,2 п.л.) *(Предложена программа для расчета оптимальной скорости пара в конденсаторе с большим содержанием неконденсирующихся газов; представлены расчеты при различных давлениях пара, температуре охлаждающей воды, скорости воды в трубах, длине труб);*

8. Kartuesova A.Y., Isaev S.A., Mil'man O.O., Ptakhin A.V. [et al.]. (2020). Influence of Cooling Medium Flow Character on the Operation of Heat Exchangers with Steam Condensation Inside Tubes // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2020. – Vol. 93, No. 5. – P. 1077-1088. – doi: 10.1007/s10891-020-02208-2 (авторство не разделено, 0,4 п.л.) *(Проанализировано влияние характера движения охлаждающей среды в теплообменном аппарате на процесс конденсации пара в нем; приведены результаты исследований зависимости потерь давления конденсирующегося пара в режимах противотока, прямотока и поперечного течения);*

9. Kartuesova A.Y., Milman O.O., Ptakhin A.V. [et al.]. (2019). Investigation of Parallel Operation of Vacuum Condenser Sections with Nonuniform Cooling // Thermal Engineering. – 2019. – Vol. 66, No. 2. – P. 77-83. – doi: 10.1134/S0040601519020022 (авторство не разделено, 0,3 п.л.) *(Изложены и проанализированы результаты экспериментальных исследований на макете секционного конденсатора в условиях неравномерного теплосъема, сделан вывод об экспериментально установленном положительном влиянии дроссельных вставок на работу конденсатора).*

На диссертацию и автореферат поступили 5 отзывов от ведущих специалистов по профилю диссертации:

1. Лобанова Павла Дмитриевича, доктора технических наук, старшего научного сотрудника Государственного бюджетного учреждения науки «Институт теплофизики имени С.С. Кутателадзе Сибирского отделения

Российской академии наук». Отзыв положительный. В нем содержится вопрос и замечание («В секции, посвященной научной новизне работы, не ясно назначение первого пункта «выполнен анализ работы секционных конденсаторов паротурбинных установок при условиях неравномерно теплосъема». Является ли этот пункт новым научным результатом?»; «В работе выполнено достаточно глубокое расчетно-экспериментальное исследование совместной работы конденсатора и газоудаляющего устройства в условиях неравномерного теплосъема и обоснование технических решений по повышению эффективности работы конденсационной установки. Несмотря на довольно широкий спектр рассмотренных задач, выводы к работе выглядят громоздкими. В частности, в выводах повторно приведены обобщенные характеристики параметров для теплообменного модуля и дросселя, описанные ранее на страницах 10-11 автореферата»);

2. Сенецкого Александра Владимировича, доктора технических наук, старшего научного сотрудника, профессора кафедры теоретических основ теплотехники и имени М.П. Вукаловича федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Национальный исследовательский университет «МЭИ». Отзыв положительный, в нем содержатся вопросы и замечания («Из автореферата недостаточно понятно, рассматривались ли режимы переменного расхода водяного пара в конденсатор?»; «Неясно, рассматривался ли вариант установки параллельно нескольких дросселей на одной секции ВКУ? Если да, оценивалась ли целесообразность такого решения?»; «Данная задача решается для готовых (эксплуатируемых) конденсационных установок или проектируемых?»);

3. Сержкина Леонида Николаевича, кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой физики и математики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калужский государственный университет имени К.Э. Циолковского». Отзыв положительный, в нем содержатся замечания («Из автореферата не совсем понятно, почему вакуумный конденсатор моделируется всего двумя теплообменными трубками, имитирующими секции (смотри страницу 12), при этом реальные теплообменники объемные (многорядные)»; «Не совсем ясно, как

проверка режимов, приведенных в таблице 1 на странице 16 (влияние неравномерного охлаждения) моделирует реальные причины неравномерного теплосъема, приведенные на страницах 7 и 8, то есть нарушение в работе газоудаляющих устройств, увеличение присосов, загрязнение поверхности охлаждения, неисправность вентиляторов. Так, последние два фактора организуют неравномерность по длине (площади) теплообменника»; «Не ясно, как данные, приведенные в основных результатах пункт 10 (страница 21) могут быть приложены к другой геометрии теплообменника»).

4. Антипова Юлия Александровича, кандидата технических наук, доцента кафедры «Энергетическое машиностроение» Инженерной академии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы». Отзыв положительный. Имеется вопрос на уточнение: «В пункте 6 (стр. 20 автореферата) представлена оценка погрешности измерений расхода и давления в процентах, а температура, вероятно ошибочно, в градусах ($0,5^{\circ}\text{C}$). А, с другой стороны, значение температуры пара среднеквадратичное отклонение σ составило около 0,03%, что совершенно справедливо»;

5. Отзыв Зайцева Сергея Артуровича, заместителя управляющего директора по производству – главного инженера Публичного акционерного общества «Вторая генерирующая компания оптового рынка электроэнергии» (ПАО «ОГК-2»). Отзыв положительный. Замечаний нет.

Во всех отзывах на диссертацию и автореферат отмечается, что диссертация выполнена на высоком научном уровне и отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.7 – «Турбомашины и поршневые двигатели».

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны и научно обоснованы новые методы расчета и экспериментальные методики (оценка распределения паровых нагрузок в отдельных секциях конденсатора, имеющих различные условия теплообмена, различные расходы охлаждающего агента; определение газодинамического

сопротивления тракта конденсатор-эжектор, включая дроссельные устройства; определение оптимальных размеров дроссельных устройств). Разработанные методики включают оценку параметров потоков с учетом содержания воздуха и пара в отсасываемой паровоздушной смеси;

установлено экспериментально наличие оптимального размера дросселей и разработана методика их расчета для многосекционных конденсаторов;

обоснован и результативно использован разработанный соискателем новый комплекс методик расчета при оценках распределения потоков пара в секции конденсатора и определении оптимального диаметра дросселей. Представлены результаты испытаний, доказывающие факт влияния ограничивающих дросселей на давление в конденсаторе при значительной неравномерности (более 50%) распределения тепловых потоков в секциях конденсатора;

предложена и апробирована модель оригинальной лабораторной установки, позволяющей реализовать на практике разработанную схему измерений и с высокой степенью точности сводить тепловые и материальные балансы потоков в экспериментальном конденсаторе. Для моделирования пароструйного эжектора в схеме экспериментальной установки с водоструйным эжектором используется сопло, позволяющее при сверхкритическом течении смеси разного состава и параметров добиться примерного постоянства объемного расхода смеси в различных режимах;

доказана перспективность реализации предложенных в диссертации технических решений (установка ограничительных дросселей на линии отвода паровоздушной смеси из конденсатора в эжектор) в промышленных установках.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

обосновано и доказано влияние на совместную характеристику конденсатор-эжектор неравномерности тепловых потоков в секциях конденсатора, различного содержания воздуха в конденсирующемся паре, наличия дросселей, ограничивающих содержание пара в отсасываемой из конденсатора смеси, диаметров данных дросселей;

изучены и обоснованы возможности разработанных и апробированных методик определения геометрических параметров дроссельных вставок на линии

отвода паровоздушной смеси от конденсатора к пароструйному эжектору с учетом неравномерности тепловых потоков в секциях конденсатора;

представлена интерпретация результатов проведенного экспериментального исследования вакуумного конденсатора пара при неравномерном охлаждении части теплообменной поверхности и различном содержании воздуха в конденсирующемся паре;

доказано, что влияние дроссельных вставок сказывается при значительной (более 50%) неравномерности расхода охлаждающего теплоносителя в секции конденсатора;

установлено, что использование дроссельных вставок позволяет в ряде режимов функционирования конденсатора – при неравномерном тепловом потоке в различные секции конденсатора – поддерживать более глубокий вакуум за счет уменьшения содержания пара в отсасываемой паровоздушной смеси

проведена модернизация и разработаны новые методики и модели процессов, позволившие получить адекватные результаты при расчетах и экспериментально.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики заключается в том, что:

разработаны новое техническое решение, обеспечивающие повышение эффективности работы вакуумного конденсатора пара за счет внедрения дроссельных вставок в линию эжектирования ПВС;

предложена методика, которая позволяет рассчитать оптимальный диаметр дросселей для любых систем секционных вакуумных конденсаторов, как эксплуатируемых, так и проектируемых.

Оценка достоверности результатов исследования подтверждается обоснованностью и непротиворечивостью научных положений исследования, опорой на системный подход к изучению сложных технических систем в теплоэнергетике и использованием системы методов, адекватно отражающих объект и предмет диссертационного исследования. Достоверность результатов обеспечена корректной постановкой цели и задач работы, планированием эксперимента и обработкой экспериментальных данных, использованием

измерительных приборов, имеющих необходимый уровень точности в диапазоне измеряемых величин.

Личный вклад соискателя состоит:

в непосредственном участии при создании экспериментального стенда и разработке методик проведения эксперимента и обработки данных;

в руководстве при проведении экспериментальных исследований, осуществлении измерений и обработки результатов, а также выполнении анализа полученных данных;

разработке методики расчета распределения потоков пара в секционных конденсаторах в условиях неравномерного теплосъема и методики расчета оптимального диаметра дросселя для многосекционных конденсаторов.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Диссертация Картуесовой Анны Юрьевны является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные теоретические и научно-технические решения в области теплоэнергетики и теплотехники, внедрение которых вносит большой вклад в развитие энергетики и энергомашиностроения Российской Федерации, что отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842.

На заседании 26 сентября 2024 года диссертационный совет 75.1.001.01, созданный на базе открытого акционерного общества «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический научно-исследовательский институт», принял решение за новые научно-технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие, перевооружение и модернизацию теплоэнергетической и энергомашиностроительной отраслей народного хозяйства Российской Федерации, присудить Картуесовой Анне Юрьевне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 8 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации,

участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета 75.1.001.01,

доктор технических наук,

старший научный сотрудник



Тумановский

Анатолий Григорьевич

Ученый секретарь

диссертационного совета 75.1.001.01

Тарадай

Дмитрий Вадимович

26 сентября 2024 года