

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.285.07 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА
РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА», МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 19.12.2014 г. № 15

О присуждении Татариновой Наталье Владимировне, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Математическое моделирование теплофикационных турбоустановок для решения задач повышения энергетической эффективности работы ТЭЦ» по специальности 05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки принята к защите 01.10.2014 г., протокол № 9 диссертационным советом Д 212.285.07 на базе ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, созданным приказом Минобрнауки России № 763/нк от 05.11.2013 г.

Соискатель, Татаринова Наталья Владимировна, 1979 года рождения, в 2001 г. окончила «Вятский государственный педагогический университет» по специальности «Физика»; в 2004 г. окончила очную аспирантуру ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет» по специальности 05.14.14 – Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты; работает в должности старшего преподавателя кафедры «Теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет», Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре «Теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук,

Эфрос Евгений Исаакович

, ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет», кафедра «Теплотехника и гидравлика», профессор кафедры.

Официальные оппоненты:

Куличихин Владимир Васильевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет "Московский энергетический институт"» (г. Москва), кафедра промышленных теплоэнергетических систем, профессор кафедры;

Култышев Алексей Юрьевич, кандидат технических наук, ЗАО «Уральский турбинный завод» (г. Екатеринбург), специальное конструкторское бюро турбостроения, главный конструктор,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ОАО «Всероссийский теплотехнический научно-исследовательский институт», г. Москва – в своем положительном заключении, подписанном Ивановым Николаем Васильевичем, кандидатом технических наук, заместителем заведующего отделением турбинных установок, и Ляховецкой Натальей Викторовной, научным сотрудником отделения турбинных установок, указала, что диссертация Татариновой Н.В. представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, в которой на основании выполненных автором исследований содержится решение важной с научной и практической точек зрения задачи по созданию научных основ и инструментов математического моделирования и их использования для повышения энергетической эффективности работы ТЭЦ. В целом, по объему и научному уровню, актуальности и новизне полученных результатов, их научной и практической значимости диссертационная работа полностью отвечает требованиям и критериям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, а ее автор, Татаринова Наталья Владимировна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки.

Соискатель имеет 28 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 28 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 3. Другие публикации представлены в виде 5 депонированных рукописей, 3 статей в электронном научном журнале, материалов международных (1) и всероссийских (16) научных конференций. Общий объем опубликованных работ – 12,2 п.л., авторский вклад – 5,9 п.л.

Наиболее значительные работы по теме диссертации:

1. Татарина (Баталова) Н. В. Повышение эффективности теплофикационных турбоустановок / Е.И. Эфрос, В.Ф. Гуторов, Л.Л. Симою, Б.Б. Калинин, Н.В. Баталова // Электрические станции. – 2003. – № 12. – С. 39-46 (0,5 п.л./0,1 п.л.).

2. Татарина Н. В. Эффективность получения дополнительной конденсационной мощности на теплофикационных турбоустановках / Е.И. Эфрос, Н.В. Татарина // Электрические станции. – 2006. – № 10. – С. 26-32 (0,5 п.л./0,3 п.л.).

3. Татарина Н. В. Результаты расчета на математических моделях переменных режимов работы теплофикационных паротурбинных установок в реальных условиях эксплуатации / Н.В. Татарина, Е.И. Эфрос, В.М. Сущих // Перспективы науки. – 2014. – № 3(54). – С. 95-100 (0,45 п.л. / 0,2 п.л.).

4. Татарина Н.В. Повышение эффективности действующих ТЭЦ в современных условиях / Е.И. Эфрос, В.Ф. Гуторов, Ю.А. Чирков, Б.Е. Смирнов, Н.В. Татарина // Совершенствование теплотехнического оборудования. Реконструкция ТЭС, внедрение систем сервиса и диагностирования и ремонта: материалы пятой международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 28-30 марта 2007 г. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2008. – С.148-161 (0,3 п.л./0,1 п.л.).

На автореферат поступило 9 положительных отзывов:

1. От профессора кафедры «Теплотехника и энергетическое машиностроение» Казанского национального исследовательского технического университета, доктора технических наук Щукина Андрея Викторовича. Замечание: не вполне понятно, гарантирует ли выбранный способ решения системы нелинейных уравнений единственность решения и

чем обусловлена эффективность получения дополнительной конденсационной мощности на теплофикационных турбоустановках ТЭЦ?

2. От доцента кафедры «Тепловые электрические станции», кандидата технических наук Ледуховского Григория Васильевича и заведующего кафедрой «Тепловые электрические станции» Ивановского государственного энергетического университета им. В.И. Ленина (г.Иваново), доктора технических наук, профессора Барочкина Евгения Витальевича. Содержит замечания: из автореферата не вполне ясно, в чем состоит усовершенствование методики решения системы нелинейных уравнений; требует пояснения выбор методов оптимизации режимов работы турбоустановок; не указаны в явном виде критерий и параметры оптимизации; в формуле изменения расхода сжигаемого топлива не учитывается изменение КПД брутто котла.

3. От Заслуженного деятеля науки и техники РФ, заведующего кафедрой «Тепловые и атомные электрические станции» Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А. (г.Саратов), доктора технических наук Аминова Рашида Зарифовича. Содержит замечания: не достаточно полно обоснован принцип расчета турбоустановки, некорректно представлены направления современных исследований в области распределения нагрузок на ТЭЦ, выводы носят описательный характер.

4. От доцента кафедры «Паровые и газовые турбины» Ивановского государственного энергетического университета имени В.И. Ленина (г. Иваново), кандидата технических наук Виноградова Андрея Львовича. Содержит замечания: желательно показать более подробные данные по результатам исследования достоверности предложенных математических моделей; провести дальнейшие исследования по расширению библиотеки математических моделей турбоустановок и других типов.

5. От главного специалиста цеха котельного оборудования Инженерного центра энергетики Урала, предприятия «УралОРГРЭС» (г. Екатеринбург), доктора технических наук Шульмана Владимира Львовича. Содержит замечания: не четко обозначен личный вклад соискателя; в автореферате отсутствует информация о подобных исследованиях в мировой энергетике; в

показателях экономической эффективности на электроэнергию относят топливо водогрейных котлов; стилистические погрешности термина «удельное изменение расхода теплоты»; не указано кому принадлежит интеллектуальная собственность на программы.

6. От профессора кафедры энергосбережения, гидравлики и теплотехники Белорусского государственного технологического университета (г. Минск), доктора технических наук Володина Виктора Ивановича. Содержит вопрос: как устанавливалась точность полученных результатов?

7. От заведующего кафедрой турбиностроения Национального технического Университета «Харьковский Политехнический Институт» (г. Харьков), доктора технических наук Бойко Анатолия Владимировича. Содержит замечания: определить границы применимости характеристик турбинных отсеков безразмерным комплексом; в автореферате отсутствует математическое описание оптимизационной задачи; не совсем понятно, как можно использовать полученные результаты при проектировании новых теплофикационных турбоустановок.

8. От заведующего кафедрой «Тепловые двигатели», кандидата технических наук Рогалева Владимира Владимировича и доцента кафедры «Тепловые двигатели», кандидата технических наук Осипова Александра Вадимовича Брянского государственного технического университета (г. Брянск). Содержит замечания: не достаточно наглядно отражается влияние таких элементов как конденсатор, подогреватели высокого давления и т.д. на повышение энергетической эффективности их работы, а также тепловой схемы;

9. От заведующего кафедрой «Теплогасоснабжение и вентиляция», руководителя НИЛ «Теплоэнергетические системы и установки» Ульяновского государственного технического университета (г. Ульяновск), доктора технических наук, профессора Шарапова Владимира Ивановича. Содержит замечания: выводы о том, что по характеристикам отсеков можно учесть работу вспомогательного оборудования излишне оптимистичны; положение о целесообразности отключения ПВД было доказано ранее сотрудниками саратовской научной школы; программные продукты и технические решения не защищены патентами.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями в области энергетики, наличием публикаций в ведущих научных журналах по вопросам повышения эффективности работы ТЭЦ путем совершенствования режимов эксплуатации турбоагрегатов и моделирования режимов их работы, способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **разработаны** принципиально новые и усовершенствованы существующие методы математического моделирования турбоагрегатов ТЭЦ (универсальные программы расчета теплофикационных паротурбинных установок нескольких типов: Т-185/220-130, Т-180/210-130, Т-100/120-130, Т-50/60-130, ПТ-80/100-130/13, ПТ-60/75-130/13) на базе реальных энергетических характеристик ступеней и отсеков турбин, позволяющих производить полный тепловой расчет во всем возможном диапазоне режимов их работы (от номинального вплоть до холостого хода) и получать корректные результаты;

– **предложены** модифицированный применительно к расчету теплофикационных турбоустановок вычислительный метод Ньютона решения системы нелинейных уравнений большой размерности (искусственное ограничение шага по всем переменным во время очередной итерации, алгоритм выбора шага с помощью удвоения и деления его пополам); рекомендации, относящиеся к оптимизации распределения нагрузок между турбоагрегатами;

– **доказана** перспективность использования новых математических моделей режимов работы теплофикационных паротурбинных установок разных типов для решения задач повышения энергетической эффективности работы ТЭЦ.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– **исследованы** с использованием разработанных математических моделей наиболее эффективные режимы работы теплофикационных турбоустановок в периоды пиковых и частичных нагрузок в заданных

условиях эксплуатации ТЭЦ. Установлено, что в определенных граничных условиях целесообразно отключение ПВД для получения пиковой мощности при работающих пиковых водогрейных котлах; в неотапительный период предпочтительнее двухступенчатый подогрев сетевой воды при открытых регулирующих диафрагмах части низкого давления по сравнению с одноступенчатым; низкая энергетическая эффективность получения пиковой мощности при постоянном максимальном расходе свежего пара; эффективность перевода теплофикационных турбин в режим работы по электрическому графику в период частичных тепловых нагрузок; за счет оптимизации (последовательной загрузки турбин) может быть получена существенная экономия теплоты и топлива (до 1-2,5% от их расхода на выработку электроэнергии);

– **доказана** на примере теплофикационной турбоустановки Т-50-130 предпочтительность использования разработанных математических моделей перед типовыми энергетическими характеристиками в результате сравнительного анализа показателей энергетической эффективности работы в режимах работы, сильно отличающихся от номинальных;

– в расчетных исследованиях **определены** пределы применимости разработанных методов анализа и расчета, критерии и граничные условия оптимизации, а также **сформулированы** предложения по использованию результатов расчетных исследований для научно-обоснованного выбора режимов работы теплофикационных турбоустановок в зависимости от конкретных условий их эксплуатации, а также для обеспечения экономии топлива в энергосистеме за счет организации оптимального распределения нагрузки оборудования ТЭЦ;

– **показано**, что при полном учете влияния процессной влаги ошибка в вычислении важнейших технико-экономических показателей в абсолютном и относительном выражении лежит в пределах 1-2%, что соизмеримо с точностью всего расчета;

Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих расчетно-экспериментальных методик, в частности – методика решения системы нелинейных уравнений

большой размерности с утонением существующих алгоритмов;

– **изложено** на основе выбранного показателя энергетической эффективности $q_{\text{доп}}$ теоретическое обоснование эффективности перевода теплофикационных турбин в режим работы по электрическому графику в период частичных тепловых нагрузок. При этом приведена сравнительная оценка экономичности конденсационного потока пара теплофикационной и конденсационной турбин с идентичными начальными параметрами пара, как в количественном, так и в качественном виде.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

– **разработаны и испытаны** на действующих ТЭЦ (Кировской энергосистемы ТЭЦ-4 и ТЭЦ-5, а также ряда других энергосистем) программы и рекомендации, относящиеся к оптимизации распределения нагрузок между турбоагрегатами, и предложения по рациональным режимам их эксплуатации (правильный выбор последовательности загрузки турбоустановок различных типов и степени использования паротурбинного оборудования ТЭЦ, способы получения дополнительной мощности, переход с одноступенчатого на двухступенчатый подогрев сетевой воды в неотапительный период и т.п.);

– в результате выполнения отдельных мероприятий удельный расход топлива на отпуск электроэнергии для некоторых реальных режимов в среднем примерно снизился на 3-5% в определенных граничных условиях; годовой эффект от использования программ и рекомендаций на ТЭЦ-4 и ТЭЦ-5 оценивается величиной экономии топлива порядка 3-5 тыс. т у.т., что соответствует экономии 10-15 млн. рублей;

– **представлены** рекомендации для инженерной практики, для решения задач теории моделирования и оптимизации, которые существенно сокращают объем исследований, снижают затраты материальных ресурсов на их обработку и представляют методологическую основу для создания моделей режимов работы турбоустановок других типов, что способствует в конечном итоге снижению удельных расходов топлива на выработку электроэнергии и повышению КПД цикла;

– математические модели для полного теплового расчета теплофикационных турбоустановок разных типов также использованы при проведении научно-исследовательских работ и в учебном процессе на кафедре теплотехники и гидравлики ВятГУ.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: что результаты расчетных исследований на основе математических моделей качественно и количественно совпадают с данными испытаний оборудования ТЭЦ с учетом пределов применимости моделей; методика проведения численного эксперимента соответствует классическим представлениям и обеспечивается хорошей точностью применяемых моделей и удовлетворительным совпадением с экспериментальными результатами, а также проведением расчетных исследований наиболее эффективных режимов работы турбоустановок и хорошим совпадением этих результатов с заводскими расчетами в номинальных режимах и расчетными исследованиями других авторов.

Личный вклад соискателя: все представленные в работе результаты, от формирования концепции работы, разработки и отладки математических моделей (программ расчета), создания алгоритмов их численной реализации, проведении верификации расчетных данных с результатами промышленных испытаний, сравнительном анализе с типовыми нормативными характеристиками, обработки результатов расчетов, обобщении и интерпретации полученных результатов, апробации и реализации практических рекомендаций, подготовки основных публикаций, получены лично автором, либо при его непосредственном участии.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития энергетической отрасли России в части разработки и реализации новых высокоэффективных и надежных инструментов и методов моделирования режимов работы теплофикационных паротурбинных установок, а также организации оптимальной эксплуатации оборудования теплофикационных турбоустановок в условиях переменных

графиков тепловых и электрических нагрузок; работа соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 19.12.2014 г. диссертационный совет принял решение присудить Татариновой Н.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета


Бродов Юрий Миронович

Ученый секретарь
диссертационного совета


Аронсон Константин Эрленович

19 декабря 2014 г.