

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 декабря 2014 г. № 14

О присуждении Смирнову Александру Андреевичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Численное моделирование термонапряженного состояния ротора паровой турбины для системы контроля переходных режимов работы турбоустановки в реальном времени» по специальности 05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки принята к защите 17 октября 2014 г., протокол № 11 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, Смирнов Александр Андреевич, 1986 года рождения.

В 2008 г. соискатель окончил ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ» по специальности «Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели»; в 2014 г. окончил очную аспирантуру ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина» по специальности 05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки; работает в должности инженера ОАО ОКБ «Новатор» (ОАО «Концерн ПВО «Алмаз-Антей»).

Диссертация выполнена на кафедре «Турбины и двигатели» Уральского

энергетического института ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, Бродов Юрий Миронович, ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», кафедра «Турбины и двигатели», заведующий кафедрой.

Научный консультант – кандидат технических наук, Голошумова Вера Николаевна, ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», кафедра «Турбины и двигатели», доцент.

Официальные оппоненты:

Куличихин Владимир Васильевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет – МЭИ» (г. Москва), кафедра «Промышленные теплоэнергетические системы», профессор;

Ермолаев Владимир Владимирович, кандидат технических наук, ОАО «Теплоэнергосервис» (г. Екатеринбург), генеральный директор,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина» (г. Иваново) – в своем положительном заключении, подписанном Барочкиным Евгением Витальевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Тепловые электрические станции», и Виноградовым Андреем Львовичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Паровые и газовые турбины», указала, что диссертация Смирнова Александра Андреевича на тему «Численное моделирование термонапряженного состояния ротора паровой турбины для контроля в темпе процесса при переходных режимах работы турбоустановки», представленная к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.04.12 – Турбомашинны и комбинированные турбоустановки выполнена на современном научно-

методическом уровне. Все основные результаты работы соответствуют современным физическим и техническим представлениям, и их следует признать правильными. По своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости полученных результатов представленная работа соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор заслуживает присуждения ученой степени по специальности 05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 10 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 4. Другие публикации представлены в виде материалов международных (3) и всероссийских (3) научных конференций. Общий объем опубликованных работ – 2,59 п.л., авторский вклад – 0,93 п.л.

Наиболее значительные работы по теме диссертации:

1. Смирнов А. А. Управление пусковыми режимами теплофикационных паровых турбин в составе парогазовых установок / В. Н. Голошумова, Ю. М. Бродов, И. Ю. Кляйнрок, А. А. Смирнов // Теплоэнергетика. 2012. № 12. С. 1–9 (0,5 п.л. / 0,13 п.л.).

2. Смирнов А. А., Моделирование температурного поля ротора паровой турбины в реальном времени / А. А. Смирнов, В. Н. Голошумова, Ю. М. Бродов // Надежность и безопасность энергетики. 2012. № 2. С. 30–36 (0,38 п.л. / 0,12 п.л.).

3. Смирнов А. А. Контроль предпускового температурного состояния ротора паровой турбины / В. Н. Голошумова, А. А. Смирнов // Тяжелое машиностроение. 2011. № 3. С. 40–43 (0,19 п.л. / 0,1 п.л.).

4. Смирнов А. А. Моделирование температурного поля ротора паровой турбины для систем контроля его термонапряженного состояния / В. Н. Голошумова, Ю. М. Бродов, А. А. Смирнов // Надежность и безопасность энер-

гетики. 2013. № 4. С. 59–64 (0,31 п.л. / 0,1 п.л.).

На автореферат поступило 7 положительных отзывов:

1. От профессора кафедры «Атомные, тепловые станции и медицинская инженерия» («АТС и МИ») ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева» (НГТУ), г. Нижний Новгород, доктора технических наук, профессора, Безносова Александра Викторовича, и доцента кафедры «АТС и МИ» НГТУ, кандидата технических наук, Боковой Татьяны Александровны. Замечание: в автореферате не приводятся источники экспериментальных данных, с которыми выполнялось комплексное тестирование устройства для контроля остывания ротора паровой турбины. Вопрос: применима ли предложенная модель термонапряженного состояния ротора паровой турбины Т-110 для турбин других марок?

2. От технического директора – главного инженера Ново-Свердловской ТЭЦ Свердловского филиала ОАО «ТГК-9» (г. Екатеринбург), Семенова Андрея Валерьевича, и заместителя начальника отдела подготовки и проведения ремонтов Николаева Владимира Борисовича. Содержит вопросы: могут ли предложенные автором устройства быть интегрированы в состав уже действующих турбоустановок с «некомпьютеризированными» системами контроля, и что для этого необходимо; какова практическая значимость применения предложенного устройства в условиях ТЭЦ; какие плюсы от его внедрения может получить эксплуатационный персонал станции?

3. От главного специалиста по паровым турбинам ОАО «Силовые машины» (г. Санкт-Петербург), кандидата технических наук, Гаева Валерия Дмитриевича. Замечания: при разработке методики, позволяющей получить оптимальную модель прогрева ротора, указано, что на третьем этапе проводится анализ результатов решения с последовательным варьированием ключевых характеристик модели и влияния этих факторов относительно «точного решения», однако, автор не поясняет, каким образом он получал точное решение; при описании расчетной модели ротора представляется не совсем удачным название «оптимальная модель ротора турбины», общем случае автором

оптимизируется не модель ротора, а его расчетная модель.

4. От директора представительства ОАО «Силовые машины» в Уральском регионе (г. Екатеринбург), Степанченко Валерия Илларионовича, и руководителя работ на площадке ВТГРЭС ОАО «Силовые машины», кандидата технических наук, Кляйнрока Ивана Юрьевича. Замечание: в автореферате не указаны места установки термопар (глубина, сечение) в корпусе турбины Т-110/120-130, данные от которых используются при моделировании процесса остывания ротора. Вопрос: учитывает ли модель остывания ротора паровой турбины возможность применения системы расхолаживания, которыми комплектуются теплофикационные турбины типа Т-110/120-130?

5. От главного конструктора ЗАО «Уральский турбинный завод» (УТЗ), г. Екатеринбург, кандидата технических наук, Култышева Алексея Юрьевича, и начальника бюро отдела расчетов ЗАО «УТЗ» Степанова Михаила Юрьевича. Замечания: в автореферате приводится информация о разработке микропроцессорного устройства, предназначенного для моделирования и контроля процесса остывания ротора паровой турбины в реальном времени, а также о его верификации данными по турбинам ЗАО «УТЗ», при этом не приводятся результаты по выполненному тестированию устройства на основе экспериментальных данных, а также рекомендации по оптимизации пусковых и переходных режимов работы турбины; требуется четкое понимание, достаточно ли количество установленных штатных датчиков на рассмотренной турбине, либо требуется установка дополнительных, для определения точного термонапряженного состояния деталей при разработке алгоритмов автоматизации и контроля пусковых процессов.

6. От ведущего инженера цеха регулирования и автоматики ОАО «УРАЛЭНЕРГОРЕМОНТ» (г. Екатеринбург), кандидата технических наук, Иванова Сергея Николаевича. Замечание: в описании главы 3 в автореферате приведены в основном условия и подходы, примененные для решения поставленных задач, но практически отсутствуют графические материалы, их подтверждающие. Вопрос: как вы видите реальные перспективы применения

разработанного устройства в проектах паровых турбин?

7. От заведующего кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция», руководителя НИЛ «Теплоэнергетические системы и установки» ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет» (г. Ульяновск), доктора технических наук, профессора, Шарапова Владимира Ивановича. Замечания: в автореферате отсутствует технико-экономическая оценка предложенных диссертантом решений; диссертационная работа связана с созданием компьютерных математических моделей, однако ни один из разработанных программных продуктов не имеет государственной регистрации.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их соответствием критериям, предъявляемым пунктами 22, 24 Положения о присуждении ученых степеней. Официальные оппоненты являются высокопрофессиональными специалистами в области анализа и оптимизации режимов работы паровых турбин, в том числе процессов пуска и останова энергоблоков, что позволило им квалифицированно определить научную и практическую ценность диссертации. Ведущая организация – передовое предприятие в области автоматизации технологических процессов, разработки информационных систем для тепловых электрических станций, применения расчетных моделей в специальных разработках для энергетики.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **разработана** новая методика моделирования нестационарного температурного поля и термических напряжений в роторе паровой турбины в реальном времени (в темпе технологического процесса) с использованием метода конечных элементов, что позволяет в АСУ ТП решать задачи контроля, диагностирования и аварийной защиты оборудования и технологических процессов турбоустановок на электростанциях;

– **предложена** оригинальная научная гипотеза о том, что термические напряжения, возникающие в роторе паровой турбины при пусковом режиме ее работы, с достаточной для практики точностью могут быть рассчитаны как

линейная комбинация некоторых «характерных разностей температур» в роторе.

– **доказано** наличие хорошей корреляции между термическими напряжениями, возникающими в роторе турбины при его прогреве, и характерными разностями температур в нем; перспективность использования в практике численных расчетов при определении температурного поля и термических напряжений в металле ротора паровой турбины в реальном времени при переходных режимах ее работы с использованием метода конечных элементов.

– **введено** новое понятие «характерная разность температур», как параметр линейной комбинации для расчета термических напряжений в роторе паровой турбины при его прогреве.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что применительно к решению задачи термонапряженного состояния ротора паровой турбины в реальном времени:

– **доказаны методики**, расширяющие границы применимости полученных результатов на роторы турбин других типоразмеров: оптимизации конечно-элементной модели температурного поля ротора, работающей в реальном времени на ограниченных вычислительных ресурсах; нахождения зависимости максимальных температурных напряжений в роторе от его нестационарного температурного поля;

– **применительно к проблематике диссертации результативно использован** комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе численных (метод тепловых балансов, метод конечных элементов) и статистических;

– **изложены** идеи, аргументы, доказательства, этапы разработки и решения поставленной задачи, вплоть до проектирования и тестирования устройств, выходная информация которых поступает в контуры систем автоматизации паровой турбины;

– **раскрыты** (сформулированы) проблемы, которые необходимо решить для идентификации полученных решений штатным контролем температуры в

осевой расточке ротора.

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

– **определены** перспективы использования полученных результатов при разработке концепции и методологических аспектов комплексной модернизации паровых турбин производства ЗАО «УТЗ»; полученные результаты приняты в качестве научного материала для анализа путей повышения маневренных характеристик и надежности турбоустановок производства ОАО «Силовые машины»;

– **представлены** методические рекомендации по моделированию термонапряженного состояния роторов паровых турбин в реальном времени при переходных режимах работы турбоустановки.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

– **идея базируется** на анализе доступной научно-технической информации, обобщении существующих передовых тенденций в области энергетики, энергомашиностроения, информатики, вычислительной техники;

– **использованы** экспериментальные данные, представленные в опубликованных работах других авторов;

– **установлено** хорошее качественное и количественное совпадение результатов автора с результатами других аналогичных исследований;

– **использованы** проверенные достоверные исходные данные; чертежи завода-изготовителя турбин, отраслевые нормативные документы; сертифицированные пакеты программ ANSYS и MATLAB.

Личный вклад соискателя состоит в: проведении обзора и анализа литературы; разработке и отладке математических моделей, алгоритмов и компьютерных программ; проведении численного моделирования; анализе и интерпретации зависимостей, позволяющих перейти от температурного поля высокотемпературного ротора к термическим напряжениям; разработке на основании исследований микропроцессорного устройства для контроля остывания ротора паровой турбины в темпе процесса; анализе полученных ре-

зультатов; непосредственном участии и апробации результатов работы на конференциях различного уровня и подготовке публикаций по выполненной работе.

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 роторов паровых турбин в темпе переходных режимов работы турбоустановки; 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 Смирнову А. А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 16, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель –

и. о. председателя диссертационного совета,

член совета

(приказ ректора УрФУ

№ 6397/04 от 09.12.2014 г.)

Ученый секретарь

диссертационного совета

19 декабря 2014 г.



Плотников Петр Николаевич

Аронсон Константин Эрленович