

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 ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21.11.2014 г. № 13

О присуждении Новосёлову Владимиру Борисовичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Разработка методов исследования и совершенствования электрогидравлической системы регулирования и защиты паровых теплофикационных турбин и их элементов» по специальности 05.04.12 – Турбомашин и комбинированные турбоустановки принята к защите 27.06.2014 г., протокол № 6 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, Новосёлов Владимир Борисович, 1953 года рождения, кандидат технических наук с 1999 г., диссертацию на соискание учёной степени кандидата технических наук «Исследование и совершенствование системы регулирования и защиты теплофикационных паровых турбин» защитил в 1999 году в диссертационном совете, созданном на базе Уральского государственного технического университета, работает в должности профессора кафедры «Турбины и двигатели» Уральского энергетического института ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре «Турбины и двигатели» ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России и в отделе микропроцессорных систем управления

Закрытого акционерного обществе «Уральский турбинный завод» (г. Екатеринбург), Минпромторга России.

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

Официальные оппоненты:

Аракелян Эдик Койрунович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет – Московский энергетический институт», кафедра автоматизированных систем управления тепловыми процессами, профессор;

Хоменок Леонид Арсеньевич, доктор технических наук, профессор, ОАО «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И. И. Ползунова» (ОАО «НПО ЦКТИ»), заместитель генерального директора;

Шарапов Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет», кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция», заведующий кафедрой, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ОАО «Всероссийский теплотехнический институт», г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Березинцом Павлом Андреевичем, доктором технических наук, заведующим лабораторией парогазовых установок ОАО «ВТИ», Гуторовым Владиславом Фроловичем, кандидатом технических наук, заведующим отделением турбинных установок ОАО «ВТИ» и Зорченко Натальей Викторовной, кандидатом технических наук, заведующей лабораторией автоматизации тепломеханического оборудования ТЭС ОАО «ВТИ», указала, рецензируемая диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему на достаточно высоком научно-техническом уровне. Основные результаты работы (методики построения и определения параметров контура регулирования частоты, многоканальные беззолотниковые защиты и др.) используются в технических решениях и проектах ЗАО «Уральский турбинный завод» и ОАО

«Уралэнергоремонт» и внедрены в современных электрогидравлических системах регулирования и защиты теплофикационных паровых турбин, эксплуатируемых на многих электростанциях. Диссертационная работа Новосёлова В.Б. отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертационным работам в соответствии с Положением о присуждении учёных степеней, утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.13 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.04.12 – Турбомашин и комбинированные турбоустановки.

Соискатель имеет 42 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации 42 работы, из них опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 21. Другие публикации по теме диссертации представлены в виде 11 авторских свидетельств на изобретения, 1 свидетельстве на полезную модель, 2 коллективных монографий, материалов международных (2) и всероссийских (2) конференций, статей в научных журналах (1), учебных пособий (2). Общий объем опубликованных работ 109,2 п.л., авторский вклад – 37,3 п.л.

Наиболее значительные работы по теме диссертации:

1. **Новосёлов, В.Б.** Повышение эффективности работы приводов поворотных регулирующих диафрагм турбин с отборами пара / **В.Б. Новосёлов** // Тяжёлое машиностроение. 2002. № 2. С. 14-15. (0,125 п.л.).

2. **Новоселов, В.Б.** Теплофикационная паровая турбина Т-53/67-8,0 для ПГУ-230 Минской ТЭЦ-3 / Г.Д. Баринберг, А.Е. Валамин, А.А. Гольдберг, А.А. Ивановский, **В.Б. Новосёлов**, В.Н. Плахтий, Ю.А. Сахнин // Теплоэнергетика, 2008. № 8. С. 13-24. (0,1 п.л.).

3. **Новосёлов, В.Б.** Исследование и оптимизация параметров электрогидравлической системы регулирования паровой турбины / **В.Б. Новосёлов** // Теплоэнергетика. 2009. № 4. С. 32-37. (0,38 п.л.).

4. **Новосёлов, В.Б.** Исследование и оптимизация пропорционально-дифференциального регулятора частоты вращения паровой турбины / **В.Б. Новосёлов** // Теплоэнергетика. 2009. № 9. С. 46-49. (0,25 п.л.).

5. **Новоселов, В.Б.** Модернизация турбины Т-110/120-130 / А.Е. Валамин, Ю.А. Сахнин, А.А. Ивановский, **В.Б. Новосёлов** // Теплоэнергетика. 2009. № 9. С. 30-34. (0,31 п.л. / 0,08 п.л.).

6. **Новосёлов, В.Б.** Современная система противоразгонной защиты паровых турбин ЗАО УТЗ / **В.Б. Новосёлов**, М.В. Шехтер // Теплоэнергетика. 2011. № 1. С. 21-24. (0,25 п.л. / 0,2 п.л.).
7. **Новосёлов, В.Б.** Применение энкодеров для измерения положения сервомоторов в электрогидравлических системах автоматического регулирования паровых турбин ЗАО УТЗ / **В.Б. Новосёлов** // Теплоэнергетика. 2011. № 1. С. 25-28. (0,25 п.л.).
8. **Новоселов, В.Б.** О влиянии объёмов пара и воды в регенеративных и сетевых подогревателях паровых турбин на работу турбины при сбросе нагрузки / М.С. Фрагин, **В.Б. Новосёлов** // Электрические станции. 2011. № 2. С. 24-31. (0,5 п.л. / 0,25 п.л.).
9. **Новосёлов, В.Б.** Уточнение расчётной методики для оценки влияния вскипающего пара подогревателей паровой турбины на повышение частоты вращения ротора при сбросе электрической нагрузки / **В.Б. Новосёлов**, М.В. Шехтер // Теплоэнергетика. 2012, № 12. С. 45-49. (0,31 п.л. / 0,25 п.л.).
10. **Новосёлов, В.Б.** Расчёт нелинейного привода регулирующей диафрагмы и опыт его применения в паровых турбинах ЗАО УТЗ / **В.Б. Новосёлов** // Тяжёлое машиностроение. 2012. № 2. С. 15-20. (0,38 п.л.).
11. **Новосёлов, В.Б.** Обобщение исследования регулятора частоты вращения электрогидравлической системы регулирования паровой турбины / **В.Б. Новосёлов** // Тяжёлое машиностроение. 2012. № 4. С. 18-26. (0,56 п.л.).
12. Патент РФ на изобретение №2272153. Система защиты турбоагрегата / **Новосёлов В.Б.**, Вдовиков К.В. // Бюллетень изобретений. 2006. № 8(III).
13. Патент РФ на изобретение № 2431046. Трёхканальная система защиты турбоагрегата / **Новосёлов В.Б.** // Бюллетень изобретений. 2011. № 28.
14. Патент РФ на изобретение № 2477801. Многоканальная система защиты турбоагрегата / **Новосёлов В.Б.** // Бюллетень изобретений. 2013. № 8.
15. **Новоселов, В.Б.** Паровые турбины и турбоустановки Уральского турбинного завода: монография / Г.Д. Баринберг, Ю.М. Бродов, А.А. Гольдберг, Л.С. Иоффе, В.В. Кортенко, **В.Б. Новосёлов**, Ю.А. Сахнин; под общ. ред. проф., д-ра техн. наук Ю.М. Бродова и к.т.н. В.В. Кортенко; 2-е изд. перераб. и дополн. Екатеринбург: Априо, 2010. 488 с. (28,7 п.л. / 6,0 п.л.).

На автореферат поступило 9 положительных отзывов:

1. От профессора кафедры паровых и газовых турбин, канд. техн. наук. Булкина Анатолия Ефремовича из ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет МЭИ», г. Москва. Содержит замечания: 1) предложенная математическая модель контура регулирования частоты вращения может быть использована для исследования и оптимизации только на конденсационном режиме работы турбины; 2) в качестве единственного критерия качества САР принята степень затухания колебаний ζ , однозначно связанная с корневой оценкой колебательности. Следовало показать, почему при этом игнорировалось изменение степени устойчивости, легко определяемой по корневому годографу. Оптимальность рекомендуемых значений параметров можно было косвенно подтвердить вычислением запасов устойчивости по модулю и по фазе.

2. От заведующего кафедрой «Тепловые электрические станции» ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина (ИГЭУ)», г. Иваново, д-ра техн. наук, профессора Барочкина Евгения Витальевича и заведующего кафедрой «Паровые и газовые турбины», канд. техн. наук, доцента Виноградова Андрея Львовича. Содержит вопросы и замечания: 1) в работе не нашли отражения вопросы совместной работы ЭГСРЗ с АСУ ТП. Как практически решаются эти вопросы? 2) каким образом практически осуществляется проверка новых научных результатов в производстве? 3) в чём кроется специфика применения поворотных датчиков положения на основе электрических энкодеров, что мешает использовать линейные датчики?

3. От доцента кафедры «Тепловые двигатели» Брянского государственного технического университета, г. Брянск, канд. техн. наук Перевезенцева Виктора Тимофеевича. Содержит замечания: 1) из текста автореферата не просматривается анализ аналогичных методик исследований и конструкций разнообразных систем регулирования отечественных и зарубежных заводов; 2) не рассмотрены достаточно полно экономические вопросы внедрения предлагаемых мероприятий по модернизации системы регулирования, хотя бы стоимостные показатели, сроки окупаемости.

4. От заместителя главного конструктора отделения гидравлических систем и комплексной автоматики специального конструкторского бюро ОАО «Калужский

турбинный завод», г. Калуга, канд. техн. наук Сизова Александра Николаевича. Содержит замечания: 1) отражённое в двух главах исследование динамики системы регулирования основывается на методе корневого годографа, хорошо обоснованного и апробированного для линейных автоматических систем. Хотелось бы получить и оценку методов, применяемых для анализа и синтеза существенно нелинейных систем; 2) предложенная концепция нелинейного привода ПРД представляется оригинальной и технически реализуемой, однако на наш взгляд, традиционная схема обладает сравнительно большей гарантией страгивания ПРД при её заклинивании.

5. От главного конструктора паровых турбин ОАО «Силовые машины», г. Санкт-Петербург, канд. техн. наук Лисянского Александра Степановича. Содержит замечание и вопрос: 1) в результатах работы не отражено, как оптимальные характеристики ЭГСРЗ, полученные автором, соответствуют современным требованиям энергосистемных операторов; 2) насколько применимы полученные результаты работы к турбинам других заводов?

6. От заведующего кафедрой турбиностроения Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», Украина, г. Харьков, д-ра техн. наук, профессора Бойко Анатолия Владимировича и ст. науч. сотр. кафедры турбиностроения, д-ра техн. наук Усатого Александра Павловича,. Содержит замечания: 1) в автореферате отсутствует информация об учёте взаимного влияния характеристики ЭГСРиЗ и конструктивных параметров проточной части паровой турбины на эффективность работы последней; 2) в тексте автореферата встречаются некоторые грамматические несогласования.

7. От заведующего кафедрой «Турбины, гидромашин и авиационные двигатели» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет», д-ра техн. наук, профессора Рассохина Виктора Александровича. Содержит замечания: 1) анализ устойчивости системы регулирования частоты вращения выполнен по линейной модели, которая справедлива только для малых колебаний, не зависит от производительности ГМН, а зависит от характеристик золотника; 2) отсутствует информация о снижении запаса устойчивости системы в связи с повышением коэффициента усиления позиционера; 3) исследование ПД-регулятора выполнено, исходя из линейной модели для дифференциатора двустороннего действия. В системе регулирования паровых турбин обычно

используют дифференциаторы одностороннего действия, что требует применения нелинейной модели; 4) на рис. 1,2 изображены годографы доминирующих корней характеристических многочленов в зависимости от двух варьируемых параметров, однако не приводятся значения других параметров; 5) автор анализирует устойчивость контура регулирования частоты вращения при пусковых режимах работы и работе на изолированную нагрузку, однако не уделено внимание анализу устойчивости контура регулирования мощности ЭГSRиЗ при работе турбоагрегата в составе ОЭС; 6) в методике определения влияния объёмов пара и воды в подогревателях паровой турбины на разгон ротора при сбросе нагрузки не учтено влияние тепловой энергии от горячего металла труб; 7) не приводится оценка эффективности замены линейного привода поворотной диафрагмы на нелинейный; на наш взгляд, увеличение экономичности турбоустановки в следствии снижения объёма гидроцилиндра пренебрежимо мала.

8. От заведующей кафедрой «Тепловые электрические станции» ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, д-ра хим. наук, профессора Чичеровой Наталии Дмитриевны и доцента кафедры «Тепловые электрические станции», канд. техн. наук Евгеньева Игоря Владимировича; Без замечаний.

9. От профессора кафедры теплотехники и энергетического машиностроения ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, д-ра техн. наук, профессора Попова Игоря Александровича. Содержит вопрос и замечания: 1) метод корневых годографов, применённый при оптимизации характеристик контура частоты вращения ЭГSR турбины хорошо известен. Чем обусловлено и что нового в этой части исследования Вы предложили в представленной работе? 2) в диссертации не нашли отражения вопросы оптимизации управления мощностью, давлением в отопительных отборах пара, блочной работы турбины; 3) спорным представляется вывод об эффективности многоканальной беззолотниковой системы защиты, реализуемой в 4-х или 5-канальном варианте.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями в энергетике, наличием публикаций по вопросам эксплуатации паротурбинных установок, системам регулирования турбин,

оптимизации нагрузок турбоустановок и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **разработаны** новые научные методики исследования систем регулирования и защиты паровых теплофикационных турбин и их отдельных элементов, позволившие оптимизировать работу турбин и их защиту, обосновать необходимость и возможность модернизации гидродинамических систем регулирования в электрогидравлические;

– **доказана** перспективность использования разработанных методов исследования применительно к паровым турбинам с различными динамическими характеристиками;

– **введены** новые понятия и термины, например «нелинейный привод регулирующей диафрагмы», «вскипающий пар» конденсата подогревателей паровой турбины, как результат разработки новых методов исследования теплофикационных паровых турбин.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

– **доказана** математическая эквивалентность повышения усиления в контуре позиционирования сервомотора регулирующих клапанов турбины повышению быстродействия сервомотора, позволяющая повысить устойчивость системы регулирования без замены сервомотора;

- **доказана** уточнённая автором методика расчёта работы «вскипающего пара» подогревателей паровой турбины, учитывающие переменность параметров воды и количества воды в процессе вскипания;

– **применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс** существующих базовых методов исследования, в частности, метод корневых годографов характеристического уравнения системы регулирования;

– **изложены** положения эффективной организации защиты турбины посредством многоканальных систем защиты, идеи организации эффективной защиты турбины от потоков «вскипающего» пара сетевых подогревателей;

– **проведена** модернизация математических моделей регулятора частоты вращения паровой турбины, обеспечившая получение новых результатов по

определению оптимальных параметров регулятора.

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

– **разработана и внедрена** в промышленное производство серийная электрогидравлическая система регулирования и защиты на всех типах теплофикационных турбин ЗАО «Уральский турбинный завод», как вновь выпускаемых, так и модернизируемых;

– **разработан и внедрен** «нелинейный» привод поворотной регулирующей диафрагмы турбины,

– **разработана и внедрена** в практику проектирования паровых турбин методика расчёта работы «вскипающего» пара;

– **представлены** методические рекомендации по выбору параметров настройки регулятора частоты вращения паровой турбины.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– расчётные экспериментальные данные получены посредством использования сертифицированных программных продуктов (Mathcad);

– использованы проверенные достоверные исходные данные;

– установлено при наладке действующего оборудования качественное и, в значительной мере, количественное совпадение оптимальных параметров системы регулирования с результатами исследований автора.

Личный вклад соискателя состоит в:

– постановке задач исследований качества системы регулирования, разработке математических моделей системы регулирования частоты вращения в различных исполнениях и исследовании на их основе качества системы с различными законами регулирования; в разработке и обосновании методов обобщения математических моделей системы регулирования для турбоагрегатов с различными динамическими характеристиками; уточнении методики расчёта работы вторичного («вскипающего») пара подогревателей паровой турбины при сбросе турбоагрегатом электрической нагрузки; разработке различных вариантов многоканальной защиты турбоагрегата; разработке концепции и методики расчёта и исследования нелинейной кинематической схемы привода регулирующей диафрагмы паровой теплофикационной турбины; разработке методики расчёта и исследовании рычажной кинематической схемы привода датчика положения

сервомотора паровой турбины на основе электрического энкодера; проведении на основе разработанных и уточнённых методик и моделей исследований, направленных на оптимизацию качественных и надёжных характеристик паровых турбин; непосредственной реализации результатов исследований в проектах паровых турбин и их систем регулирования ЗАО «Уральский турбинный завод» и в проектах реконструкции; апробации полученных результатов, участия в конференциях, подготовке публикаций по выполненным работам.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, в части разработки отдельных элементов и системы электрогидравлического регулирования теплофикационных турбин в целом, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие энергетики страны, т.е. соответствует критериям п. 9 Положения о присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании от 21.11.2014 г. диссертационный совет принял решение присудить Новосёлову Владимиру Борисовичу ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

И.О. председателя
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

21 ноября 2014 г.

 Плотников Пётр Николаевич
 Аронсон Константин Эрленович