

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 11.12.2015 г. № 17

О присуждении Мурманскому Борису Ефимовичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Разработка, апробация и реализация методов повышения надежности и совершенствования системы ремонтов паротурбинных установок в условиях эксплуатации» по специальности 05.04.12 – Турбомашин и комбинированные турбоустановки принята к защите 07 сентября 2015 г., протокол № 8 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, Мурманский Борис Ефимович, 1964 года рождения, кандидат технических наук с 1996 г., диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Разработка и исследование системы вибрационной диагностики паровых турбин на основе экспертных систем вероятностного типа» защитил в 1996 году в диссертационном совете, созданном на базе Уральского государственного технического университета (г. Екатеринбург); работает в должности директора Департамента сопровождения энергетических проектов ЗАО «Инженерный центр

«Уралтехэнерго», г. Екатеринбург.

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 консультант – 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.

**Официальные оппоненты:**

**Андрюшин Александр Васильевич**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет – Московский энергетический институт», кафедра автоматизированных систем управления тепловыми процессами, заведующий кафедрой;

**Мильман Олег Ошеревич**, доктор технических наук, профессор, ЗАО Научно-производственное внедренческое предприятие «Турбокон» (г. Калуга), директор по науке;

**Хоменок Леонид Арсеньевич**, доктор технических наук, профессор, ОАО «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова» (г. Санкт-Петербург), заместитель генерального директора – заведующий отделением турбинных установок,

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – ОАО «Всероссийский теплотехнический институт», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Гуторовым Владиславом Фроловичем, кандидатом технических наук, зав. отделением турбинных установок, и Березинцом Павлом Андреевичем, доктором технических наук, зав. лабораторией парогазовых установок, указала, что диссертация Мурманского Б.Е. актуальна, соответствует приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники РФ,

критическим технологиям РФ из перечня, утвержденного Указом Президента РФ № 899 от 07.07.2011 г.; совокупность полученных в диссертации результатов представляет собой комплекс новых научно обоснованных технических решений, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие энергетической и энергомашиностроительной отраслей России. Диссертация полностью соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.13 г. № 842, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Мурманский Б.Е., заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки.

Соискатель имеет 78 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 63 работы, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 25. Другие публикации по теме диссертации представлены в виде 3 патентов РФ на изобретения и 1 патента РФ на полезную модель; 1 монографии, 4 учебных пособий для вузов, 1 справочника; 28 статей, опубликованных в сборниках материалов международных (15) и всероссийских (6) научных конференций, региональных сборниках научных статей (7). Общий объем опубликованных работ – 257,9 п.л., авторский вклад – 71,09 п.л.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

**Статьи в рецензируемых научных журналах:**

1. Мурманский Б.Е. **Анализ показателей надежности** турбоустановок и энергоблоков в целом АО «Свердловэнерго» / Ю. М. Бродов, **Б. Е. Мурманский**, М. М. Мительман, Г. Д. Бухман, В. А. Зайцев, Р. Н. Гринфельд //Теплоэнергетика. 1997. №1. С. 9-14.

2. Мурманский Б.Е. Концепция комплексной системы мониторинга состояния оборудования энергоблока / Н. Н. Акинфьева, К. Э. Аронсон, Т. Ф. Богатова, **Б. Е. Мурманский**, Ю. М. Бродов// Теплоэнергетика. 2002. №2. С. 47-53

3. Мурманский Б.Е. Комплексный подход к нормализации тепловых

расширений турбины/ В. В. Ермолаев, А. Ю. Сосновский, А. И. Шкляр, М. В. Великович, М. В. Фертиков, **Б. Е. Мурманский**, М. М. Мительман // Электрические станции. 2002. №5. С. 26-31.

4. Мурманский Б.Е. Применение фторсодержащих поверхностно-активных веществ для повышения надежности работы турбоагрегатов / **Б. Е. Мурманский**, Г. Д. Бухман, М. М. Мительман, В. А. Зайцев // Электрические станции. 2002. №5. С. 52-53.

5. Мурманский Б.Е. Методика оценки и прогнозирования остаточного ресурса трубных систем конденсаторов паротурбинных установок ТЭС // К. Э. Аронсон, А. Ю. Рябчиков, Ю. М. Бродов, **Б. Е. Мурманский** // Электрические станции. 2010. №2. С. 25-31.

6. Мурманский Б.Е. Анализ характерных дефектов паровых турбин, проявившихся в условиях эксплуатации / **Б. Е. Мурманский**, Ю. М. Бродов, С. Л. Васенин // Тяжелое машиностроение. 2010. №6. С. 2-5.

7. Мурманский Б.Е. Нормализация тепловых расширений теплофикационных турбин на Омской ТЭЦ-5 / С. Н. Моденов, **Б. Е. Мурманский**, Ю. М. Бродов, А. И. Лепяцкий, А. Ю. Сосновский, В. В. Ермолаев // Электрические станции. 2010. №8. С. 47-51.

8. Мурманский Б.Е. Анализ показателей надежности теплофикационных турбин / **Б. Е. Мурманский**, Ю. М. Бродов, А. Е. Валамин, П. В. Коган, Л. С. Иоффе // Теплоэнергетика. 2011. №1. С. 40-43.

9. Мурманский Б.Е. К вопросу выбора рациональной системы планирования ремонта арматуры и трубопроводных систем энергоблоков ТЭС/ К. Э. Аронсон, **Б. Е. Мурманский**, Е. Е. Попова, А. В. Ременюк // Тяжелое машиностроение. 2012. № 3. С. 10-15.

10. Мурманский Б.Е. О диагностике системы регулирования и защиты паровой турбины на современном этапе /В. Б. Новосёлов, **Б. Е. Мурманский**, В. В. Лебедев // Тяжелое машиностроение. 2012. № 2. С. 69-74.

11. Мурманский Б.Е. Реконструкция деталей и узлов теплофикационных паровых турбин для повышения их надежности / **Б. Е.**

**Мурманский**, Ю. М. Бродов, В. Б. Новоселов, А. Ю. Сосновский, Ю. А. Сахнин // Теплоэнергетика. 2012. №12. С. 50-54.

12. Мурманский Б.Е. Повреждаемость подшипников паровых турбин / **Б.Е. Мурманский**, А. Е. Языков, Ю.М. Бродов // Надежность и безопасность энергетики. 2014. № 3(26). С. 52-56.

13. Мурманский Б.Е. Стратегия ремонтов паровых турбин на основе анализа надежности их узлов / **Б. Е. Мурманский**, Ю. М. Бродов, С. Л. Васенин, В.В. Лебедев // Надежность и безопасность энергетики. 2014. № 4(27). С. 58-63.

14. Мурманский Б.Е. Повышение надежности работы систем парораспределения турбин в условиях эксплуатации / Б.Е. Мурманский // Энергосбережение и водоподготовка. 2015. №1 (93). С. 10-12.

15. Мурманский Б.Е. Разработка и реализация концепции комплексной системы повышения надежности состояния паротурбинной установки / Б.Е. Мурманский // Надежность и безопасность энергетики. 2015. №1 (28). С. 44-48.

16. Мурманский Б.Е. Разработка модуля для мониторинга и диагностики системы тепловых расширений паровых турбин в составе современных АСУ ТП / **Б. Е. Мурманский**, А. Ю. Сосновский, Ю. М. Бродов // Энергетик. 2015. №4. С. 51-53.

#### **Патенты:**

1. Пат. 2218999 Российская Федерация. Способ нанесения фторсодержащих поверхностно-активных веществ на подшипники качения / Мурманский Б. Е., Мительман М. М., Бухман Г. Д. //БИ. 2003. № 35.

2. Патент на полезную модель Российская Федерация №150268 от 29.08.2014. Вкладыш радиального подшипника скольжения турбины / Сосновский А. Ю., Мурманский Б. Е., Бродов Ю. М., Сахнин Ю. А. // БИ. 2015. № 4.

На автореферат диссертации поступили положительные отзывы:

1. Зарянкина Аркадия Ефимовича, д-ра техн. наук, профессора кафедры паровых и газовых турбин, и Дмитриева Сергея Сергеевича, канд. техн. наук, зав. научно-исследовательским отделом кафедры паровых и газовых турбин ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет "МЭИ"» (г. Москва). Замечания: 1) на стр. 26 указывается, что "за 5 лет эксплуатации суммарная величина теплового расширения турбины уменьшилась с 23,4 мм до 19,5 мм"; следовало более ясно пояснить этот результат, так как величина тепловых расширений определяется температурным режимом турбины, а не величиной загрязнения поверхностей, как это указано в автореферате; 2) на этой же странице 26 говорится о том, что "представлены результаты исследований эффективности реконструкции узла "паз-поперечная шпонка...", но не указывается, что получено в результате этих исследований; 3) на стр. 30 сказано следующее. "В качестве нагрузки, действующей на систему, задана неравномерная температура поперек оси первого цилиндра. Температура линейно меняется от одной стороны цилиндра к другой"; здесь следовало указать диапазон изменения температур; 4) в некоторых местах автореферата по сути только декларируется проделанная работа, а не ее результат; так, на стр. 19 сказано: "Для турбин малой мощности, имеющих высокий износ системы регулирования, обоснована целесообразность замены ремонта этих систем на реконструкцию..."; вряд ли такой вывод требует серьезного обоснования; 5) на стр. 20 отмечается, что "сформулированы необходимые для создания модуля мониторинга САРиЗ параметры: параметры качества, параметры состояния, параметры процессов", однако, что это за параметры, в тексте автореферата не указано.

2. Вараксина Алексея Юрьевича, д-ра физ.-мат. наук, член-корреспондента РАН, заведующего кафедрой «Газотурбинные и нетрадиционные энергоустановки» ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана». Замечания и вопросы: 1) на с. 12 автореферата приводятся статистические данные о

причинах отказов энергоблоков, если просуммировать все приведенные числа, то получится 34,8%; не понятно, почему не перечислены причины отказов в оставшихся 65,2% случаях? 2) не дано краткого описания используемого метода ядерной оценки; 3) выводы в пунктах 2 и 3 на с. 16 автореферата являются тривиальными; 4) не понятно, включает ли термин «среднее время восстановления» учет таких факторов как «отсутствие запчастей» и различные технологические простои; 5) не раскрыто колоссальное значение выполненной работы для проектирования и эксплуатации паротурбинных блоков, входящих в состав перспективных ПГУ.

3. Рассохина Виктора Александровича, д-ра техн. наук, проф., зав. кафедрой «Турбины, гидромашин и авиационные двигатели», и Богова Игоря Александровича, д-ра техн. наук, проф., профессора кафедры «Турбины, гидромашин и авиационные двигатели» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Петра Великого». Замечания: 1) представляется целесообразной замена словосочетания «...разработку методов...» на более корректное «...разработку мероприятий...» или «...разработку методики ...», как это сделано самим автором при формулировке задач исследования, например: на стр. 3, второй абзац снизу, целесообразно вместо «...комплекса методов ...» писать «...комплекса мероприятий...»; на стр. 3, пятая строка снизу, — вместо «...реализованы методы и технологии...» целесообразно писать «...реализованы мероприятия и технологии...»; на стр. 18, девятая строка снизу, – вместо «...результаты разработки и реализации методов повышения надежности и повышения затрат...» следует писать «...результаты разработки и реализации мероприятий по повышению надежности и повышения затрат...»; 2) в приведенном автором весьма обширном анализе статистики отказов деталей, узлов и оборудования ПГУ не учтены такие факторы, влияющие на их надежность, как, например, фирма-производитель и, связанные с этим, конструктивные особенности этих изделий; 3) из текста

автореферата не ясно, каким образом можно при минимальных экономических затратах обеспечить требуемую надежность с учётом того, что достижение этой цели может осуществляться за счет повышения надежности отдельных ее элементов (узлов), требующей соответственно различных экономических затрат; 4) не ясно, каким образом осуществлялось принятие рациональных технических решений по ремонту (модернизации) оборудования ПТУ, ведь надежность является комплексным ее свойством, включающим безотказность, долговечность, ремонтпригодность и способность сохранять эти свойства, а улучшение каждого из этих свойств функционально различным способом связано с экономическими затратами; стремление, например, к увеличению вероятности безотказной работы приводит к снижению эксплуатационных и увеличению производственных затрат.

4. Тихомирова Бориса Александровича, д-ра техн. наук, проф., профессора кафедры судовых турбин и турбинных установок ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет» (г. Санкт-Петербург). Содержит вопрос: в автореферате показано, что среди вспомогательного оборудования энергоблоков наибольшее количество отказов и время восстановления приходится на долю питательных насосов и конденсаторов, однако в перечень элементов, лимитирующих надежность ПТУ насосное оборудование не отнесено, а записаны только трубные пучки теплообменных аппаратов; как автор это объясняет?

5. Барочкина Евгения Васильевича, д-ра техн. наук, проф., зав. кафедрой «Тепловые электрические станции», и Виноградова Андрея Львовича, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой «Паровые и газовые турбины» ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» (г. Иваново). Замечание: в автореферате написано, что разработана концепция комплексной системы мониторинга состояния оборудования ПТУ, позволяющая на основе единых принципов разрабатывать модули мониторинга для узлов турбины и вспомогательного

оборудования турбоустановки; отсутствует информация о положениях концепции и указанных «единых принципах».

6. Безносова Александра Викторовича, д-ра техн. наук, профессора кафедры «Атомные и тепловые станции», и Боковой Татьяны Александровны, канд. техн. наук, доцента кафедры «Атомные и тепловые станции» ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (г. Нижний Новгород). Замечания: 1) представляется целесообразным, чтобы наряду с такими критериями как продолжительность ремонтов, их сложность и др. были бы подробнее рассмотрена их экономическая оценка, как основного критерия, включая учет от доли стоимости ремонта от простоя ПТУ и др; 2) в автореферате в едином виде не отражены рекомендации для вновь создаваемых элементов ПТУ, учитывающие статистический опыт эксплуатации и ремонтов элементов ПТУ различных конструкций (марок) и заводов изготовителей; 3) в тексте реферата недостаточно внимания уделено методам прогнозирования, оценки остаточного ресурса элементов ПТУ, как основы для подготовки к проведению ремонтов, замены оборудования и снятия их с эксплуатации.

7. Рогалева Владимира Владимировича, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой «Тепловые двигатели», Обозова Александра Алексеевича, д-ра техн. наук, доц., профессора кафедры «Тепловые двигатели», и Осипова Александра Вадимовича, канд. техн. наук, доц., доцента кафедры «Тепловые двигатели» ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет». Содержит вопрос: представленные в автореферате результаты анализа частоты возникновения признаков, проявляющихся при повреждении опорных подшипников турбин (изменение вибросостояния подшипников, повышение температуры баббита, течь масла), соответствуют повреждениям подшипников турбины в целом или только повреждениям вкладышей подшипников?

8. Лисянского Александра Степановича, д-ра техн. наук, главного конструктора паровых турбин – начальника СКБ «Турбина», и Некрасова

Александра Леонидовича, канд. техн. наук, начальника исследовательского отдела натуральных испытаний Ленинградского металлического завода (г. Санкт-Петербург). Замечание: в автореферате не приводятся данные о реализации алгоритма с использованием коэффициента множественной корреляции в системе диагностики на реальном турбоагрегате.

9. Зайцева Александра Валерьевича, канд. техн. наук, зам. директора, и Шульмана Владимира Львовича, д-ра техн. наук, главного специалиста предприятия «УралОРГРЭС» ОАО «Инженерный центр энергетики Урала» (г. Екатеринбург). Замечания и вопросы: 1) нечетко обозначен (судя по автореферату) личный вклад автора в работу, выполненную с участием широкого круга специалистов; 2) не проанализированы условия практического использования концепции системной организации ремонта энергооборудования при отсутствии в отрасли целостной организационной структуры, формирующей идеологию, методологию ремонта оборудования в условиях эксплуатации, обобщающей опыт ремонтных работ; 3) в автореферате показано, что 8,1 % отказов энергоблоков вызваны отказами арматуры, а 2,1 % – трубопроводов; необходимо уточнить это арматура и трубопроводы блока в целом или только турбинного оборудования? 4) растворы эпилама, применяемые для подшипников систем парораспределения и опорных подшипников турбин - это разные растворы или один и тот же?

10. Гортышова Юрия Федоровича, д-ра техн. наук, проф., профессора кафедры теплотехники и энергетического машиностроения, и Попова Игоря Александровича, д-ра техн. наук, проф., профессора кафедры теплотехники и энергетического машиностроения ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева – КАИ». Замечания и вопросы: 1) предлагаемая система ремонта и технического обслуживания оборудования ПТУ провоцирует отставание в развитии отрасли: оборудование морально устаревает, увеличиваются расходы на его обслуживание и ремонты, не используются

возможности снижения затрат на топливо, сокращения обслуживающего и ремонтного персонала, предоставляемые применением новых технологий и оборудования; чем позднее начнется техническое перевооружение в отрасли, тем дороже оно обойдется; какие критерии обоснования выбора: продление ресурса оборудование или техническое перевооружение ТЭС? 2) в автореферате автор не указывает на каких предшествующих работах базируется разработка предлагаемой им концепции комплексной системы повышения надежности ПТУ в условиях эксплуатации.

11. Кунтыша Владимира Борисовича, д-ра техн. наук, проф., чл.-корр. Международной энергетической академии, профессора кафедры энергосбережения, гидравлики и теплотехники», и Сухоцкого Альберта Борисовича, канд. техн. наук, доц., доцента кафедры энергосбережения, гидравлики и теплотехники Белорусского государственного технологического университета (г. Минск). Замечание: в автореферате отсутствуют сведения о величине экономического эффекта, полученного при внедрении многочисленных результатов и рекомендаций работы.

12. Шемпелева Александра Георгиевича, д-ра техн. наук, доц., профессора кафедры «Теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» (г. Киров). Замечания: 1) в автореферате представлены рекомендации по применению разных стратегий ремонта для разного оборудования ПТУ, было бы целесообразно представить общие рекомендации по ремонту для ПТУ в целом; 2) в автореферате представлена информация о надежности оборудования ПТУ, необходимо было бы отразить, как надежность ПТУ связана с надежностью котельного, электротехнического и другого оборудования, влияющего на надежность работы ТЭС.

13. Чичировой Наталии Дмитриевны, д-ра хим. наук, проф., зав. кафедрой «Тепловые электрические станции», и Евгеньева Игоря Владимировича, канд. техн. наук, доцента кафедры «Тепловые электрические станции» ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический

университет». Без замечаний.

14. Языкова Анатолия Евгеньевича, канд. техн. наук, главного специалиста по энергетическому оборудованию филиала «УралВТИ» ОАО «Инженерный центр энергетики Урала» (г. Челябинск). Замечания: 1) на рис. 3 не отражена доля времени восстановления поврежденных элементов паровых турбин; 2) отсутствует расшифровка условных обозначений в расчетной схеме системы тепловых расширений турбин (рис. 11); не ясно, учитывает ли аналитическая модель процессов при перемещении турбин влияние паропроводов, присоединенных к корпусам ЦВД и ЦСД; 3) объем работ при планово-предупредительной системе ремонта оборудования, находящегося в длительной эксплуатации, включает в себя выполнение и внеплановых работ – по результатам технического диагностирования фактического состояния оборудования; в связи с этим сравнение систем ремонта оборудования по параметру риска недостижения цели следовало бы применить для оборудования ПТУ с равными сроками эксплуатации и с учетом компетентности организаций, осуществляющих техническую диагностику и ремонт.

15. Воронина Леонида Михайловича, д-ра техн. наук, проф., научного руководителя по эксплуатации АЭС, и Янченко Юрия Алексеевича, канд. техн. наук, руководителя департамента научно-технической поддержки технического обслуживания и ремонта АО «Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций» (г. Москва). Замечания: 1) не в полном объеме раскрыта тема повышения надежности систем автоматического регулирования и защиты (САРЗ) и парораспределения турбоагрегатов (не учтены затраты на ремонт электрической части и обслуживание диагностической составляющей модернизированных САРЗ); 2) не достаточно освещены результаты практического применения анализа тепловых расширений турбоагрегатов для турбин мощностью более 100 МВт и числом цилиндров более двух; не в полном объеме раскрыты вопросы эксплуатации турбоагрегатов при

возникновении предельно-допустимых контактных напряжений на поверхностях соприкосновений пазов и шпонок, связанных с температурным перекосом.

16. Шарапова Владимира Ивановича, д-ра техн. наук, проф., зав. кафедрой «Теплогасоснабжение и вентиляция», руководителя Научно-исследовательской лаборатории «Теплоэнергетические системы и установки», и Замалеева Мансура Масхутовича, канд. техн. наук, доц., доцента кафедры «Теплогасоснабжение и вентиляция» ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет» (г. Ульяновск).  
Замечания: 1) в качестве критерия при определении приоритетных направлений повышения надежности оборудования ПТУ применяется удельная величина затрат на повышение надежности оборудования, однако в автореферате отсутствуют расчетные формулы с числовыми значениями затрат на повышение надежности оборудования, что затрудняет оценку достоверности методики эксплуатационного мониторинга надежности; 2) предложенная методика автоматизации диагностики повреждений, основанная на корреляционно-регрессионном анализе многофакторных связей между изменением параметров вибрации турбин и режимных параметров имеет безусловную практическую значимость, однако отсутствие компьютерной программы, позволяющей диагностировать повреждения с использованием данных систем вибромониторинга турбин, существенно снижает сферу применения разработанной методики на ТЭС; 3) вывод о том, что целесообразно производить реконструкцию систем регулирования с переходом на микропроцессорные электрогидравлические системы регулирования представляется достаточно известным в профессиональной среде и не требует доказательства.

17. Култышева Алексея Юрьевича, канд. техн. наук, главного конструктора СКБт ЗАО «Уральский турбинный завод» (г. Екатеринбург).  
Без замечаний.

18. Циммермана Сергея Дмитриевича, канд. техн. наук, советника

Генерального директора по науке и проектированию, и Лукина Виктора Васильевича, канд. техн. наук, руководителя группы тепловых расчетов ОАО «Калужский турбинный завод». Замечания: 1) автором на стр.6 автореферата отмечается, что им реализованы системы вибромониторинга на 14 турбоагрегатах различных типов мощностью от 50 до 500 МВт ряда ТЭС»; система вибромониторинга состоит из аппаратной части и программного обеспечения, в основе которого заложено физическое понимание процессов накопления повреждаемости и обработка и анализ сигналов, описывающих эти процессы на работающем изделии (как правило, эти системы целиком разрабатываются и поставляются специализированными фирмами); из текста автореферата не ясно, в какой части и с какими организациями автором реализованы эти системы, в каком виде и какой организацией они поставлены на станции, это требует пояснения. 2) на стр. 12 автореферата автор обобщает статистические данные по отказам более 300 энергоблоков, в том числе – 16% - это отказы турбин, 8,6% - отказы вспомогательного оборудования, 8,1% - арматуры, 2,1 % - трубопроводы; неясно, чем обусловлены остальные 65% отказов; 3) рис. 3 на стр. 13 автореферата требует пояснений, так как из рисунка не понятно, как по нему можно оценить время восстановления турбин, которое указано в подписи к рисунку.

19. Ефимова Николая Николаевича, д-ра техн. наук, проф., зав. кафедрой «Тепловые электрические станции и теплотехника» ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И.Платова» (г. Новочеркасск). Замечания: 1) в диссертации нет анализа по динамике развития повреждений оборудования; 2) в автореферате нет исследований по появлению повреждений с точки зрения прочностных свойств материалов: предельно допустимых напряжений ползучести, релаксации и др.; 3) нет анализа по появлению вторичных повреждений, появляющихся после устранения повреждений, возникающих при первых ремонтах оборудования паротурбинной установки.

20. Волковой Ирины Олеговны, д-ра экон. наук, зам. директора

Института проблем ценообразования и регулирования естественных монополий ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (г. Москва). Замечания: 1) при обосновании целесообразности замены ремонта гидродинамических систем регулирования на реконструкцию с переходом на микропроцессорные электрогидравлические системы отмечено, что окупаемость реконструкции происходит в короткие сроки (менее года); необходимо пояснение: какие показатели использовались при расчете окупаемости; 2) из автореферата не ясно, на основе каких критериев обосновывался выбор стратегий технического обслуживания и ремонта для различных типов оборудования; 3) в автореферате отсутствует оценка эффективности от перехода к предлагаемым автором стратегиям технического обслуживания и ремонта для различных типов оборудования.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями по вопросам проектирования, эксплуатации и ремонта оборудования паротурбинных установок, их высокой научной компетентностью в области обеспечения надежности паротурбинных установок, наличием публикаций в данных областях науки, способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

– **предложена** концепция повышения надежности оборудования паротурбинной установки в условиях эксплуатации;

– **разработана** методика комплексного анализа повреждаемости оборудования, учитывающая дефекты, приведшие к отказам, и дефекты, обнаруженные в процессе ремонта;

– **разработана** методика определения элементов, лимитирующих надежность ПТУ;

– **разработаны** модели для оценки взаимодействия элементов системы тепловых расширений паровых турбин;

– **разработаны** статистические модели оценки состояния и прогнозирования остаточного ресурса теплообменного оборудования паровых турбинных установок (ПТУ);

– **предложены** методы повышения надежности и увеличения межремонтного периода для различных узлов турбин в условиях эксплуатации, основанные на изменении свойств поверхностей скольжения при их обработке поверхностно-активными веществами на основе эпилама;

– **введено новое понятие** – «удельная величина затрат на повышение общей надежности оборудования», применяемое в качестве критерия при определении приоритетных направлений повышения надежности оборудования ПТУ.

**Теоретическая значимость исследования обоснована** тем, что:

– **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** методы статистического анализа информации;

– **изложены** результаты обобщения информации по диагностическим признакам различных дефектов узлов турбин и турбинного оборудования;

– **изложены** механизмы и причины возникновения и развития повреждений в узлах турбин;

– **изложены** рекомендации по автоматизации процесса поиска дефекта в подсистеме мониторинга вибрационного состояния турбоагрегата;

– **изложены** рекомендации по оценке остаточного ресурса конденсаторов турбин на основе методов статистического анализа с достаточной для практических целей точностью при эксплуатации ПТУ.

– **определены** моменты и места начала контактного взаимодействия, а также момент заклинивания элементов системы тепловых расширений турбин;

– **предложена** методика автоматизации диагностики повреждений, основанная на корреляционно-регрессионном анализе многофакторных связей между изменением параметров вибрации турбин и режимных параметров ПТУ;

– **установлено**, что доля отказов и доля времени восстановления из-за повреждений каждого элемента практически для всех типов турбин имеют близкие значения: разброс значений по отказам составляет от 5 до 15 %

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем**, что на основе обобщения данных по 800 турбинам мощностью от 100 до 800 МВт разных типоразмеров:

– **определены** критические (наиболее повреждаемые) узлы турбин и вспомогательного турбинного оборудования, лимитирующие надежность турбоустановок;

– **представлены** рекомендации по эффективности применения различных методов по устранению причин, вызывающих отклонения от нормальной работы системы тепловых расширений;

– **сформированы** рекомендации по выбору стратегий ремонта различных элементов паротурбинной установки: маслоохладителей, подогревателей аппаратов системы регенеративного подогрева питательной воды, конденсаторов паровых турбин, трубопроводов и арматуры ПТУ, а также обоснованы и сформулированы рекомендации по оптимизации ремонта и техобслуживания проточной части, подшипников, системы парораспределения и системы регулирования, системы тепловых расширений турбин;

– **разработана** и защищена патентом новая многослойная конструкция вкладыша опорного подшипника турбин, позволяющая исключить контакт шеек валопровода со стальным основанием вкладыша при выплавлении баббитовой заливки;

– **разработана и реализована** технология обработки опорных подшипников кулачкового механизма системы парораспределения турбин

раствором эпилама, что позволило обеспечить безотказную работу кулачкового механизма на период до 7 лет;

– **разработана** и реализована более чем на 20 турбинах, а также на вспомогательном вращающемся оборудовании ПТУ технология предотвращения протечек масла из подшипников.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила**, что результаты получены с использованием известных методик статистической обработки данных, результаты исследования подтверждены в натуральных условиях эксплуатации ПТУ; установлено качественное совпадение части авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике.

**Личный вклад соискателя состоит в** сборе, анализе и обобщении статистических материалов по надежности оборудования ПТУ; разработке концепции комплексной системы повышения надежности паротурбинной установки и методики комплексного анализа надежности оборудования ПТУ; постановке задач исследования и непосредственном участии в проведении работ по нормализации тепловых расширений турбин и анализе их результатов; исследовании причин повреждения узлов турбин; разработке и апробации методов повышения надежности работы систем парораспределения; отработке методов повышения надежности эксплуатации подшипниковых узлов; сборе, анализе и обобщении информации по вибрационному проявлению различных дефектов узлов турбин; непосредственном участии в разработке основных положений комплексной системы мониторинга паротурбинной установки и параметров состояния для модулей мониторинга отдельных элементов ПТУ; разработке рекомендаций по совершенствованию ремонта оборудования ПТУ; обобщении результатов исследования и формулировке рекомендаций для инженерной практики по совершенствованию турбин; в подготовке публикаций по выполненной работе.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация

Мурманского Б.Е. является законченной научно-квалификационной работой, посвященной актуальному для энергомашиностроения и энергетики научному направлению – повышению надежности паротурбинных установок в условиях эксплуатации и совершенствованию системы ремонта, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие энергетической отрасли России. Работа соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 11 декабря 2015 г. диссертационный совет принял решение присудить Мурманскому Б.Е. ученую степень доктора 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.

И.о. председателя диссертационного совета,  
член совета (приказ ректора УрФУ от 02.12.2015 г.,  
№ 7185/04),

д-р техн. наук, проф.



Ученый секретарь  
диссертационного совета  
д-р техн. наук, проф.



Плотников Петр Николаевич

Аронсон Константин Эрленович

11 декабря 2015 г.

