

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ.6
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 25.04.2024 № 2

О присуждении Жуковскому Юрию Леонидовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Теория, методы и средства обеспечения безопасной и эффективной эксплуатации электромеханического оборудования в электротехнических комплексах горных и нефтегазовых предприятий на основе цифровых технологий» по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы принята к защите 22.01.2024, протокол заседания № 2, диссертационным советом ГУ.6 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2, приказ ректора Санкт-Петербургского горного университета о создании диссертационного совета от 06.02.2023 № 154 адм, с изменениями от 31.08.2023 № 1193 адм.

Соискатель, Жуковский Юрий Леонидович, 06.04.1981 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему: «Повышение надежности и эффективности систем электроснабжения с автоматическим секционированием на стороне 6 (10) кВ» защитил в 2006 г. по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы, в диссертационном совете, созданном на базе Санкт-Петербургского государственного горного института им. Г.В. Плеханова (технического университета). Диплом кандидата наук получен 12 января 2007 года.

Работает директором образовательного центра цифровых технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре электроэнергетики и электромеханики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Официальные оппоненты:

Левин Владимир Михайлович, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», кафедра автоматизированных электроэнергетических систем, заведующий кафедрой;

Хренников Александр Юрьевич, доктор технических наук, доцент, акционерное общество «Научно-технический центр Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы», управление организации научно-технического совета департамента НТС и научно-технической информации, учёный секретарь;

Шишлянников Дмитрий Игоревич, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», кафедра «Горная электромеханика», профессор;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»**, г. Москва в своем положительном отзыве, подписанном Цыруком Сергеем Александровичем, кандидатом технических наук, заведующим кафедрой электроснабжения промышленных предприятий, Янченко Сергеем Александровичем, доктором технических наук, профессором той же кафедры и утвержденном Комаровым Иваном Игоревичем, доктором технических наук, и.о. проректора по науке, указала, что выводы и результаты представленной на рассмотрение диссертационной работы имеют высокую научную и практическую ценность. Использование полученных в диссертации результатов и рекомендаций будет способствовать повышению безопасной и эффективной эксплуатации электромеханического оборудования. Получены акты внедрения: ООО «АВТОТЕХИНМАШ» (акт утвержден 20.06.2023 г.); СЗФО АО «МЦД» (акт утвержден 20.06.2023 г.); ООО «НПП «КИТ» (акт утвержден 30.05.2023 г.); Горный университет (акт утвержден 05.07.2023 г.); АО «Гипроцветмет» (акт утвержден 16.06.2023г.); ООО «Севзаптехника» (акт утвержден 08.06.2023 г.). АО «Готэк Северо-Запад» (акт утвержден 25.05.2023 г.).

На основании рассмотрения актов внедрения согласно протоколу заседания Научно-технического совета угольной промышленности Министерства энергетики РФ от 19.12.2023 №12-130-пр результаты исследования признаны существенными для развития ТЭК и рекомендованы к использованию в текущей деятельности в рамках компетенций.

Основные научные результаты в достаточной степени освещены в 52 печатных работах, в том числе в 11 статьях – в изданиях из Перечня

рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 27 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено 8 патентов на изобретения, 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Общий объем – 16,81 печатных листов, в том числе 10.59 печатных листа – соискателя.

Публикации в изданиях из Перечня ВАК:

1. Козярук, А.Е. Система мониторинга и оценки остаточного ресурса силового электрооборудования / А.Е. Козярук, **Ю.Л. Жуковский**, А.А. Коржев, А.В. Кривенко // Записки Горного института. – 2008. – Т. 178. – С. 17-21. (ВАК, ред. Перечня от 24.04.2008).

Соискателем выявлены основные режим работы системы оценки остаточного ресурса и их вклад в повышение уровня энергосбережения и энергетической эффективности. Предложен метод диагностики и оценки остаточного ресурса электромеханического оборудования, основанный на анализе потребляемой электрической мощности.

2. Бабурин, С.В. Современные методы неразрушающего контроля и диагностики технического состояния электроприводов горных машин / С.В. Бабурин, **Ю.Л. Жуковский**, А.А. Коржев, А.В. Кривенко // Горное оборудование и электромеханика. – 2009. – №. 9. – С. 31-34. (ВАК, ред. Перечня от 24.04.2008)

Соискателем проведен анализ различных методов неразрушающего контроля и диагностики технического состояния электроприводов. Разработаны основные. Разработан метод диагностики электромеханического оборудования, основанный на анализе электрических параметров.

3. **Жуковский, Ю.Л.** Диагностика и оценка остаточного ресурса электромеханического оборудования, работающего в тяжелых условиях, по электрическим параметрам / Ю.Л. Жуковский, А.А. Коржев, А.Е. Козярук, А.В. Кривенко // Записки Горного института. – 2011. – Т. 192. – С. 162-167. (ВАК № 784, ред. 25.02.2011).

Соискателем представлены структурные схемы диагностического комплекса и программы обработки данных. Рассмотрен способ применения искусственных нейронных сетей для обработки данных диагностики и оценки остаточного ресурса.

4. Абрамович, Б.Н. Комплексная система контроля и повышения качества электрической энергии в системах электроснабжения

нефтедобывающих предприятий / Б.Н. Абрамович, Д.А. Устинов, Ю.А. Сычев, **Ю.Л. Жуковский** // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2011. – №. 5. – С. 37-40. (ВАК № 2001, ред. 25.02.2011).

Соискателем разработана структура системы контроля и повышения качества электрической энергии в системах электроснабжения нефтедобывающих предприятий.

5. **Жуковский, Ю.Л.** Внедрение системы энергосбережения и энергоэффективности на предприятиях цветной металлургии / Ю.Л. Жуковский, Е.В. Сизякова // Записки Горного института. – 2013. – Т. 202. – С. 155-160. (ВАК № 849, ред. 01.12.2013).

Соискателем проведен анализ влияния нарушения параметров качества электрической энергии на основное электрооборудование и предложены мероприятия, направленные на контроль и повышение качества электрической энергии в сфере электроснабжения нефтедобывающих предприятий.

6. Козярук, А.Е. Система обслуживания электромеханического оборудования машин и механизмов по фактическому состоянию / А.Е. Козярук, **Ю.Л. Жуковский** // Горное оборудование и электромеханика. – 2014. – №. 10. – С. 8-14. (ВАК № 719, ред. 01.12.2013).

Соискателем рассмотрены вопросы обоснованности и целесообразности создания систем диагностики и оценки остаточного ресурса электромеханического оборудования как основа перехода на стратегию обслуживания по фактическому состоянию. Проведен сравнительный анализа существующего уровня и предлагаемых технических решений в области оперативной диагностики, выявление факторов, снижающих ресурс работы электромеханического оборудования в горной промышленности. В процессе исследований выработаны рекомендации по созданию единой интерактивной удаленной диагностической базы данных, ориентированной на исследования процессов, связанных с износом электромеханического оборудования и прогнозом его старения.

7. Абрамович, Б.Н. Методы и средства повышения уровня энергосбережения и энергоэффективности на горных предприятиях / Б.Н. Абрамович, Ю.А. Сычев, **Ю.Л. Жуковский** // Горное оборудование и электромеханика. – 2015. – №. 5. – С. 25-30. (ВАК № 719, ред. 30.11.2015).

Соискателем обоснована необходимость внедрения комплексных мероприятий по повышению уровня энергосбережения и энергетической эффективности в электрических сетях горных предприятий. Показана целесообразность проведения энергетических обследований для определения наиболее эффективных мероприятий по повышению уровня

энергосбережения и энергетической эффективности. Обобщены основные типы мероприятий по повышению уровня энергосбережения и энергетической эффективности. Приведены основные технические средства и решения, направленные на повышение уровня энергосбережения и энергетической эффективности в условиях горных предприятий.

8. **Жуковский, Ю.Л.** Управление программой технического обслуживания и ремонта электромеханического оборудования на основе интегрированной информационно-аналитической системы / Ю.Л. Жуковский, Н.И. Котелева // Промышленная энергетика. – 2017. – №. 7. – С. 14-20. (ВАК № 1619, ред. 30.11.2015).

Соискателем сформированы подходы к созданию глобальной системы диагностики и оценки остаточного ресурса электромеханического оборудования. Выполнен сравнительный анализ существующего уровня и предлагаемых информационных решений в области оперативной диагностики, выявления факторов, снижающих ресурс работы электромеханического оборудования в горной промышленности. Выработаны рекомендации по созданию интегрированной информационно-аналитической системы, ориентированной на исследования процессов, связанных с износом электромеханического оборудования и прогнозом его старения.

9. **Бабанова, И.С.** Способ управления режимами на основе нейросетевого диагностирования неисправностей и оценки технического состояния электроприводного газоперекачивающего агрегата / И.С. Бабанова, **Ю.Л. Жуковский**, Н.А. Королев // Электротехнические системы и комплексы. – 2017. – №. 3 (36). – С. 47-54. (ВАК № 1851, ред. 13.04.2017).

Соискателем предложена система, позволяющая повысить точность и полноту диагностики электроприводного газоперекачивающего агрегата (ЭГПА) путем применения нейронных сетей Кохонена, позволяющих выявлять и прогнозировать неисправные состояния в динамике посредством выявления подсистем диагностирования и соответствующих им дефектам. Разработаны алгоритмы системы управления, воздействующие на ЭГПА с учетом оценки технического состояния и дальнейшего изменения управления режимами ЭГПА.

10. **Жуковский, Ю.Л.** Оценка технического состояния и остаточного ресурса электромеханического агрегата с асинхронным двигателем / Ю.Л. Жуковский, Королев Н.А., Бабанова И.С. // Горное оборудование и электромеханика. – 2017. – №. 6. – С. 20-25. (ВАК № 507, ред. 02.10.2017).

Соискателем разработан метод оценки технического состояния и остаточного ресурса асинхронного двигателя (АД). Предложенный метод основывается на комплексном способе диагностики по вибрационным и электрическим параметрам, учитывающим качество питающей сети и параметры условий эксплуатации. Разработанная система диагностики позволяет повысить точность и достоверность диагнозов, путем определения вероятности безотказной работы электромеханического оборудования при отклонении параметров от нормы с заданной погрешностью при помощи искусственной нейронной сети (ИНС).

11. **Жуковский, Ю.Л.** Классификация способов повышения эффективности процесса измельчения и реализация энергоэффективных алгоритмов управления двухдвигательным электроприводом мельницы / Ю.Л. Жуковский, Я.М. Малькова // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – №. 4. – С. 20-35. (ВАК №899, ред. 20.07.2022).

Соискателем разработана классификация способов повышения эффективности процесса измельчения, основанная на мировых практиках и исследованиях стран-лидеров по переработке руд. В рамках классификации рассмотрены алгоритмические способы повышения эффективности процесса измельчения на базе использования автоматизированного электропривода мельницы.

Публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus:

12. Shabalov, M.Y. The influence of technological changes in energy efficiency on the infrastructure deterioration in the energy sector / Shabalov M.Y., **Zhukovskiy Y.L.**, Buldysko A.D., Gil B., Starshaia V.V. // Energy Reports, 2021, 7, pp. 2664–2680, doi 10.1016/j.egyр.2021.05.001.

Шабалов, М.Ю. Влияние технологических изменений в энергоэффективности на износ инфраструктуры в энергетическом секторе / М.Ю. Шабалов, **Ю.Л. Жуковский**, А.Д. Булдыско, Б. Джил, В.В. Старшая // Энерджи Репортс. – 2021. – № 7. – С. 2664-2680.

Соискателем разработана математическая модель оценки уровня износа энергетической инфраструктуры с учетом воздействия глобальных вызовов и технологического влияния. Произведено моделирование внедрения технологических блоков и рассчитана их степень влияния на ТЭК.

13. Koteleva, N.I. A soft sensor for measuring the wear of an induction motor bearing by the park's vector components of current and voltage / Koteleva N.I., Korolev N.A., **Zhukovskiy Y.L.**, Baranov G. // Sensors, 2021, Volume 21(23), pp. 7900. DOI 10.3390/s21237900.

Котелева, Н.И. Виртуальный анализатор для измерения износа подшипников асинхронного двигателя по векторным составляющим тока и напряжения парка / Н.И. Котелева, Н.А. Королёв, **Ю.Л. Жуковский**, Г.Д. Баранов // Сенсорс. – 2021. – № 21. – Том 23. – С. 7900.

Соискателем представлена методика создания программного датчика для прогнозирования износа подшипников электрических машин. Методика основана на сочетании методов вектора Парка и классификатора на основе искусственной нейронной сети (ИНС-классификатора).

14. Lavrik, A.Y. Optimizing the size of autonomous hybrid microgrids with regard to load shifting / Lavrik A.Y., **Zhukovskiy Y.L.**, Tsvetkov P.S. // Energies, 2021, Volume 14(16), pp. 5059. DOI: 10.3390/en14165059.

Лаврик, А.Ю. Оптимизация размеров автономных гибридных микросетей с учетом перераспределения нагрузки / А.Ю. Лаврик, **Ю.Л. Жуковский**, П.С. Цветков // Энерджис. – 2021. – № 14. – Том 16. – С. 5059.

Соискателем обоснован метод комплексной оптимизации размеров автономной гибридной энергетической системы, состоящей из фотоэлектрических, ветровых, дизельных и аккумуляторных систем накопления энергии, а также включающей систему распределения нагрузки с учетом электромеханического оборудования.

15. **Zhukovskiy, Y.L.** Fossil energy in the framework of sustainable development: Analysis of prospects and development of forecast scenarios / Zhukovskiy Y.L., Batueva D.E., Buldysko A.D., Gil B., Starshaia V.V. // Energies, 2021, 14(17), 5268, doi 10.3390/en14175268.

Жуковский, Ю.Л. Ископаемая энергетика в рамках устойчивого развития: анализ перспектив и разработка прогнозных сценариев / Ю.Л. Жуковский, Д.Е. Батуева, А.Д. Булдыско, Б. Джил, В.В. Старшая // Энерджис. – 2021. – № 14. – Том 17. – С. 5268.

Соискателем разработаны три сценария развития топливно-энергетического комплекса, основанные на анализе глобальных рисков путем экспертного опроса и проведения факторного анализа.

16. Koteleva, N.I. Identification of the technical condition of induction motor groups by the total energy flow / Koteleva N.I., Korolev N.A., **Zhukovskiy Y.L.** // Energies, 2021, Volume 14(20), pp. 6677. DOI: 10.3390/en14206677.

Котелева, Н.И. Идентификация технического состояния групп асинхронных двигателей по суммарному потоку энергии / Н.И. Котелева, Н.А. Королёв, **Ю.Л. Жуковский** // Энерджис. – 2021. – № 14. – Том 20. – С. 6677.

Соискателем предложен способ выявления технического состояния асинхронных двигателей путем классификации энергетических данных, поступающих с основной общей силовой шины. Разработана модель узла нагрузки, содержащая группу электрических машин, проведено имитационное моделирование. Разработаны алгоритмы для выявления корреляция между возникающими дефектами и параметрами мгновенных значений токов.

17. **Zhukovskiy, Y.L.** Scenario modeling of sustainable development of energy supply in the Arctic / Zhukovskiy Y., Buldysko A., Malkova Y., Koshenkova A., Stoianova A., Tsvetkov P. // Resources, 2021, Volume 10(12), pp. 124. DOI: 10.3390/resources10120124.

Жуковский, Ю.Л. Сценарное моделирование устойчивого развития энергоснабжения Арктики / Ю.Л. Жуковский, А.Д. Булдыско, Я.М. Малькова, А.А. Кошенкова, А.Д. Стоянова, П.С. Цветков // Ресурсес. – 2021. – № 10. – Том 12. – С. 124.

Соискателем обосновано развитие энергетической инфраструктуры через анализ потребности в объемах потребляемой энергии и источниках энергии с учётом мировых тенденций. Методика основана на сценарном моделировании технологического спроса посредством изучения конкретных свойств потребителей, доступных технологий, и выявленных рисков. В статье предложены сценарии развития и представлена модель, учитывающая их. Математическая модель позволила спрогнозировать спрос на виды энергии со стороны отдельных типов потребителей, что дает возможность определить вектор развития и стимулирования отдельных видов ресурсов для производства энергии. Модель позволяет учитывать не только рост, но и снижение спроса для отдельных категорий потребителей при различных сценариях.

18. **Zhukovskiy, Y.L.** Assessment of the Impact of Technological Development and Scenario Forecasting of the Sustainable Development of the Fuel and Energy Complex / Zhukovskiy Y., Koshenkova A., Vorobeva V., Rasputin D., Pozdnyakov R. // Energies, 2023, Volume 16(7), pp. 3185. DOI: 10.3390/en16073185.

Жуковский, Ю.Л. Оценка влияния технологического развития и сценарное прогнозирование устойчивого развития топливно-энергетического комплекса / Ю. Жуковский, А. Кошенкова, В. Воробьева, Д. Распутин, Р. Поздняков // Энерджис. – 2023. – № 6. – Том 7. – С. 3185.

Соискателем представлен подход к оценке состояния топливно-энергетического баланса страны через выбранные свойства: устойчивость, доступность, эффективность, технологичность и надежность. Таким

образом, модель топливно-энергетического комплекса была создана на примере Российской Федерации с учетом территориального и функционального деления страны. Методика основана на сценарном моделировании уровня влияния внешних вызовов в сочетании с сопутствующим технологическим развитием. Математическая модель позволила прогнозировать изменение свойств энергосистемы.

19. **Zhukovskiy, Y.L.** Induction Motor Bearing Fault Diagnosis Based on Singular Value Decomposition of the Stator Current / Zhukovskiy Y., Buldysko A., Revin I. // *Energies*, 2023, Volume 16(8), pp. 3303. DOI: 10.3390/en16083303.

Жуковский, Ю.Л. Диагностика дефектов подшипников асинхронных двигателей на основе разложения по сингулярным значениям тока статора / Ю.Л. Жуковский, А.Д. Булдыско, И.Е. Ревин // *Энерджис*. – 2023. – № 16. – Том 8. – С. 3303.

Соискателем предложен метод обнаружения повреждения подшипника используя уровень вклада компонент при сингулярном разложении тока статора асинхронного двигателя. Проведена проверка результатов разложения и группировки компонент на основе визуальной оценки сходства структур компонентных матриц с помощью скаттерграмм и иерархической кластеризации.

20. Lavrik, A.Y. Potential for electric consumption management in the conditions of an isolated energy system in a remote population / Lavrik A.Y., Vasilkov O.S., Semenyuk A.V., **Zhukovskiy Y.L.** // *Sustainable Development of Mountain Territories*, 2020, Volume 12, pp. 583-591. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-4-583-591

Лаврик, А.Ю. Потенциал управления электропотреблением в условиях изолированной энергосистемы удаленного населенного пункта / А.Ю. Лаврик, О.С. Васильков, А.В. Семенюк, **Ю.Л. Жуковский** // *Устойчивое развитие горных территорий*. – 2020. – № 12. – С. 583-591.

Соискателем разработана методика, позволяющая предварительно оценить долю смещаемой электрической нагрузки объекта на основе «базовых» данных о типичном аналогичном объекте. Исходными данными являются средние суточные графики электрической нагрузки для каждого месяца исследуемого объекта.

21. **Zhukovskiy, Y.L.** Blockchain-based digital platforms to reduce the carbon footprint of mining / Zhukovskiy Y.L., Semenyuk A.V., Alieva L.Z., Arapova E.G. // *Mining informational and analytical bulletin*, 2022, Volume (6-1), pp. 361-378. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_61_0_361.

Жуковский, Ю.Л. Цифровые платформы на основе блокчейна для снижения углеродного следа горных предприятий / Ю.Л. Жуковский, А.В. Семенюк, Л.З. Алиева, Е.Г. Арапова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 6-1. – С. 361-378.

Соискателем на основе проведенных исследований предлагается применение технологии блокчейн для интеграции «зеленых» сертификатов и высвобождаемой энергии вследствие управления спросом. Предлагается опыт компаний, которые на данный момент используют «зеленые» технологии в производстве либо имеют такой план в стратегии дальнейшего развития. Представляется концепция структуры мультиагентной сетевой платформы на основе технологий блокчейн для реагирования на спрос и управление декарбонизацией горных предприятий.

22. **Zhukovskiy, Y.L.** Monitoring of grinding condition in drum mills based on resulting shaft torque / Zhukovskiy Y.L., Korolev N.A., Malkova Y.M. // Journal of Mining Institute, 2022, Volume 256, pp. 686-700. DOI: 10.31897/PMI.2022.95.

Жуковский, Ю.Л. Мониторинг состояния измельчения в барабанных мельницах по результирующему моменту на валу / Ю.Л. Жуковский, Н.А. Королёв, Я.М. Малькова // Записки Горного института. – 2022. – № 256. – С. 686-700.

Соискателем предложен способ идентификации состояния мельницы посредством оценки момента нагрузки путем его разложения на спектр и оценке изменения знаков частотных составляющих спектра крутящего момента. На основании полученного спектра электромагнитного момента производится оценка и выбор эффективного режима работы электропривода. Результаты исследований показали, что при увеличении скорости вращения барабана мельницы, увеличении энергии удара, значения момента нагрузки сопоставимы для заданных параметров моделирования. По полученным спектрам можно определить режим загрузки мельницы – скорость и уровень заполнения.

23. **Zhukovskiy, Y.L.** About increasing informativity of diagnostic system of asynchronous electric motor by extracting additional information from values of consumed current parameter / Zhukovskiy Y.L., Korolev N.A., Koteleva N.I. // Journal of Physics: Conference Series, IOP Publishing, 2018, Volume 1015, Issue 3, pp. 032158. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/3/032158.

Жуковский, Ю.Л. О повышении информативности системы диагностики асинхронного электродвигателя путем извлечения дополнительной информации из значений параметра потребляемого тока /

Ю.Л. Жуковский, Н.А. Королёв, Н.И. Котелева // Журнал физических наук: серия конференций. – 2018. – № 1015. – Том 3. – С. 032158.

Соискателем предложен метод оценки технического состояния по потребляемому току асинхронного электропривода, что повышает информативность методов диагностики, в условиях ограниченного доступа к оборудованию и неполноты информации.

24. **Zhukovskiy, Y.L.** Diagnostics and evaluation of the residual life of an induction motor according to energy parameters / Zhukovskiy Y.L., Koteleva N.I. // Journal of Physics: Conference Series, IOP Publishing, 2018, Volume 1050, Issue 1, pp. 012106, DOI: 10.1088/1742-6596/1050/1/01210.

Жуковский, Ю.Л. Диагностика и оценка остаточного ресурса асинхронного двигателя по энергетическим параметрам / Ю.Л. Жуковский, Н.И. Котелева // Журнал физических наук: серия конференций. – 2018. – № 1050. – Том 1. – С. 01210.

Соискателем разработан метод диагностирования и оценки остаточного ресурса в условиях отсутствия возможности периодического контроля на основе энергетических параметров электродвигателя.

25. **Zhukovskiy, Y.L.** The development and use of diagnostic systems and estimation of residual life in industrial electrical equipment / Zhukovskiy Y.L., Vasilev B.Y. // International Journal of Applied Engineering Research, 2015, Volume 10, no. 20, pp. 41150-41155. DOI: 4115 0-41155.

Жуковский, Ю.Л. Разработка и использование систем диагностики и оценки остаточного ресурса промышленного электрооборудования / Ю.Л. Жуковский, Б.Ю. Васильев // Международный журнал прикладных инженерных исследований. – 2015. – Том 10. – № 20. – С. 41150-41155.

Соискателем проведен сравнительный анализ современного уровня и предлагаемых технических решений в области оперативной диагностики, выявления факторов, снижающих срок службы электромеханического оборудования в горнодобывающей промышленности. Разработаны рекомендации по созданию единой интерактивной базы данных дистанционного диагностирования, ориентированной на исследование процессов, связанных с износом электромеханического оборудования и прогнозом его старения. Разработаны рекомендации по проектированию устройств диагностики и оценке остаточного ресурса электромеханического оборудования с учетом различий в технологических процессах. Создана методика проведения диагностических обследований без остановки и вывода из строя диагностируемого оборудования и планирования рациональных сроков ремонта электромеханического оборудования.

26. **Zhukovskiy, Y.L.** A method of definition of life-cycle resources of electromechanical equipment / Zhukovskiy Y.L., Koteleva N.I. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing, 2016, Volume 124, Issue 1, p. 012172. DOI: 10.1088/1757-899X/124/1/012172.

Жуковский, Ю.Л. Метод определения ресурсов жизненного цикла электромеханического оборудования / Ю.Л. Жуковский, Н.И. Котелева // Серия конференций IOP: материаловедение и инженерия. – 2016. – № 124. – Том 1. – С. 012172.

Соискателем разработана структура подсистемы мониторинга, диагностики и определения остаточного ресурса для управления жизненным циклом эксплуатации электромеханического оборудования. Подсистема оценивает ресурсы жизненного цикла в разные периоды времени и на основе информации о величинах и видах неисправностей и наличии запасных частей, инструментов и оборудования информирует о сроках технического обслуживания и ремонте.

27. **Zhukovskiy, Y.L.** Automated system for definition of life-cycle resources of electromechanical equipment / Zhukovskiy Y.L., Koteleva N.I. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing, 2017, Volume 177, Issue 1, pp. 012014. DOI: 10.1088/1757-899X/177/1/012014.

Жуковский, Ю.Л. Автоматизированная система определения ресурсов жизненного цикла электромеханического оборудования / Ю.Л. Жуковский, Н.И. Котелева // Серия конференций IOP: материаловедение и инженерия. – 2017. – № 177. – Том 1. – С. 012014.

Соискателем разработана структура автоматизированной системы управления сбора и обработки косвенных параметров для системы диагностики электромеханического оборудования с учетом изменения периодичности обработки результатов мониторинга.

28. **Zhukovskiy, Y.L.** The probability estimate of the defects of the asynchronous motors based on the complex method of diagnostics / Zhukovskiy Y.L., Korolev N.A., Babanova I.S., Boykov A.V. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, 2017, Volume 87, Issue 3, pp. 032055. DOI: 10.1088/1755-1315/87/3/032055.

Жуковский Ю.Л. Вероятностная оценка дефектов асинхронных двигателей на основе комплексного метода диагностики / Ю.Л. Жуковский, Н.А. Королёв, И.С. Бабанова, А.В. Бойков // Серия конференций IOP: науки о Земле и окружающей среде. – 2017. – № 87. – Том 3. – С. 032055.

Соискателем разработан метод оценки вероятности отказа асинхронного двигателя в составе электропривода с преобразователем частоты на основе искусственной нейронной сети. Предлагаемый метод

основан на комплексном методе диагностики вибрационных и электрических характеристик, учитывающем качество питающей сети и условия эксплуатации. Разработанная система диагностики позволяет повысить точность и качество диагностики за счет определения вероятности безотказной работы электромеханического оборудования при отклонении параметров от нормы.

29. **Zhukovskiy, Y.L.** The prediction of the residual life of electromechanical equipment based on the artificial neural network / Zhukovskiy Y.L., Korolev N.A., Babanova I.S., Boykov A.V. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, 2017, Volume 87, Issue 3, pp. 032056. DOI: 10.1088/1755-1315/87/3/032056.

Жуковский Ю.Л. Прогнозирование остаточного ресурса электромеханического оборудования на основе искусственной нейронной сети / Ю.Л. Жуковский, Н.А. Королёв, И.С. Бабанова, А.В. Бойков // Серия конференций IOP: науки о Земле и окружающей среде. – 2017. – № 87. – Том 3. – С. 032056.

Соискателем разработаны алгоритмы функционирования системы, позволяющей повысить точность и полноту диагностики за счет использования искусственной нейронной сети (ИНС), а также выявления и прогнозирования неисправных состояний электромеханического оборудования в динамике. Результатами работы предлагаемой системы оценки технического состояния являются вероятностные диаграммы технического состояния и количественная оценка остаточного ресурса с учетом электрических, вибрационных, косвенных параметров и обнаруженных дефектов.

30. **Zhukovskiy, Y.L.** Method of Data storing, collection and aggregation for definition of life-cycle resources of electromechanical equipment / Zhukovskiy Y.L., Koteleva N.I. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, 2017, Volume 87, Issue 3, pp. 032057. DOI: 10.1088/1755-1315/87/3/032057.

Жуковский, Ю.Л. Метод хранения, сбора и агрегирования данных для определения ресурсов жизненного цикла электромеханического оборудования / Ю.Л. Жуковский, Н.И. Котелева // Серия конференций IOP: науки о Земле и окружающей среде. – 2017. – № 87. – Том 3. – С. 032057.

Соискателем рассматриваются вопросы получения и обработки больших данных, получаемых в течение жизненного цикла электромеханического оборудования. Для оценки текущего состояния используемого электромеханического оборудования большое значение имеет своевременная диагностика аварийных и предаварийных режимов его

работы, оценка остаточного ресурса, а также прогнозирование технического состояния на основе алгоритмов машинного обучения. В работе предлагается метод хранения, сбора и агрегирования данных для определения ресурса жизненного цикла электромеханического оборудования.

31. **Zhukovskiy, Y.L.** Quality estimation of continuing professional education of technical specialists / Zhukovskiy Y.L., Vasilev B.Y., Koteleva N.I. // International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies» (IT&QM&IS), IEEE, 2017, pp. 704-707. DOI: 10.1109/ITMQIS.2017.808592.

Жуковский, Ю.Л. Оценка качества непрерывного профессионального образования технических специалистов / Ю.Л. Жуковский, Б.Ю. Васильев, Н.И. Котелева // Международная конференция "Управление качеством, транспортная и информационная безопасность, информационные технологии" (IT&QM&IS), IEEE. – 2017. – С. 704-707.

Соискателем разработан подход к формированию программ обучения, на основе компонентов процесса по модели цикла Деминга, которая является основной моделью системы менеджмента качества. Проведен анализ качества реализации программ непрерывного профессионального образования, ориентированного на инженеров предприятий горной и нефтегазовой промышленности. По разработанным анкетам обратной связи по курсу были описаны рекомендации по совершенствованию программ и методы оценки качества дополнительного профессионального обучения.

32. **Zhukovskiy, Y.L.** Development of augmented reality system for servicing electromechanical equipment / Zhukovskiy Y.L., Koteleva N.I. // Journal of Physics: Conference Series, IOP Publishing, 2018, Volume 1015, Issue 4, pp. 042068. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/4/042068

Жуковский, Ю.Л. Разработка системы дополненной реальности для обслуживания электромеханического оборудования / Ю.Л. Жуковский, Н.И. Котелева // Журнал физических наук: серия конференций. – 2018. – № 1015. – Том 4. – С. 042068.

Соискателем проведен анализ информации о работе сервисных служб по техническому обслуживанию и ремонту электромеханического оборудования, определен перечень услуг, оценены сроки выполнения основных сервисных операций. Определены основные возможности повышения эффективности работы сервисных служб на основе применения технологий дополненной реальности.

33. **Zhukovskiy, Y.L.** Concept of Smart Cyberspace for Smart Grid Implementation / Zhukovskiy Y.L., Malov D.A. // Journal of Physics: Conference

Series, IOP Publishing, 2018, Volume 1015, Issue 4, pp. 042067. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/4/042067.

Жуковский, Ю.Л. Концепция умного киберпространства для реализации Smart Grid / Ю.Л. Жуковский, Д.А. Малов // Журнал физических наук: серия конференций. – 2018. – № 1015. – Том 4. – С. 042067.

Соискателем представлена концепция реализации умных пространств в системе интеллектуальных электрических сетей. Проведена классификация электромеханических агрегатов по объему анализируемых данных, классификация электромеханических агрегатов по скорости обработки данных и классификация архитектур вычислительной сети, основанная на требуемых ресурсах. Формализована комбинация рассмотренных классификаций, которую в дальнейшем можно использовать при организации и планировании систем мониторинга и диагностики электромеханического оборудования.

34. **Zhukovskiy, Y.L.** Analysis of technological changes in integrated intelligent power supply systems / Zhukovskiy Y.L., Starshaia V.V., Batueva D.E., Buldysko A.D. // Innovation-Based Development of the Mineral Resources Sector: Challenges and Prospects. Proceedings of the 11th Russian-German Raw Materials Conference, November 7-8, 2018, Volume 1, pp. 249-258. Potsdam, Germany.

Жуковский, Ю.Л. Анализ технологических изменений в комплексных интеллектуальных системах электроснабжения / Ю.Л. Жуковский, В.В. Старшая, Д.Е. Батуева, А.Д. Булдыско // Инновационное развитие минерально-сырьевой отрасли: вызовы и перспективы: материалы 11-й российско-германской сырьевой конференции, ноябрь 7-8. – 2018. – № 1. – С. 249-258. Потсдам, Германия.

Соискателем проведено моделирование влияния глобальных вызовов на интеграцию систем энергоснабжения и распределенных источников энергии. На основе технологических изменений, которые могут повлиять на экологичность, технологичность, энергоэффективность, энергетическую безопасность и эффективность энергетических систем в будущем сформированы два сценария, определяющие взаимное влияние глобальных вызовов на процесс интеграции различных видов энергоресурсов. По результатам экспертных оценок формируются коэффициенты взаимного влияния технологических блоков на глобальные вызовы. Выделенные показатели позволяют оценить комплексное состояние энергосистемы с позиции пяти базовых свойств и спрогнозировать, какие технологии будут наиболее востребованы, а какие станут технологиями-аутсайдерами.

35. **Zhukovskiy, Y.L.** Electrical equipment maintenance system with elements of augmented reality technology / Zhukovskiy Y.L., Koteleva N.I. // IOP

Conference Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing, 2019, Volume 643, Issue 1, pp. 012024. DOI: 10.1088/1757-899X/643/1/012024.

Жуковский, Ю.Л. Система обслуживания электрооборудования с элементами технологии дополненной реальности / Ю.Л. Жуковский, Н.И. Котелева // Серия конференций IOP: материаловедение и инженерия. – 2019. – № 643. – Том 1. – С. 012024.

Соискателем предложен и описан обобщенный подход к разработке единого модуля технологии дополненной реальности для обслуживания электрооборудования.

36. Korolev, N.A. Problems of diagnostics of asynchronous motor powered by an autonomous voltage inverter / Korolev N.A., Solovyev S.V., **Zhukovskiy Y.L.** // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing, 2019, Volume 643, Issue 1, pp. 012022. DOI: 10.1088/1757-899X/643/1/012022.

Королёв Н.А. Проблемы диагностики асинхронного двигателя, питающегося от автономного инвертора напряжения / Н.А. Королёв, С.В. Соловьёв, **Ю.Л. Жуковский** // Серия конференций IOP: материаловедение и инженерия. – 2019. – № 643. – Том 1. – С. 012022.

Соискателем проведен анализ влияния питания асинхронного двигателя от несинусоидального источника напряжения. Установлено, что возникают пульсации момента и дополнительные потери мощности, обусловленные взаимодействием гармоник инвертора и субгармониками, вызванными неисправностями в асинхронном двигателе.

37. **Zhukovskiy, Y.L.** Energy demand side management in stand-alone power supply system with renewable energy sources / Zhukovskiy Y.L., Lavrik A.Y., Buldysko A.D. // Journal of Physics: Conference Series, IOP Publishing, 2021, Volume 1753, Issue 1, pp. 012059. DOI: 10.1088/1742-6596/1753/1/012059.

Жуковский, Ю.Л. Управление спросом на энергию в автономной системе электроснабжения с возобновляемыми источниками энергии / Ю.Л. Жуковский, А.Ю. Лаврик, А.Д. Булдыско // Журнал физических наук: серия конференций. – 2021. – № 1753. – Том 1. – С. 012059.

Соискателем разработаны алгоритмы управления спросом на электроэнергию в условиях автономных систем электроснабжения с несколькими источниками генерации с учетом потребителей способных участвовать в регулировании потребления.

38. Koteleva, N.I. Augmented reality technology as a tool to improve the efficiency of maintenance and analytics of the operation of electromechanical equipment / Koteleva N.I., **Zhukovskiy Y.L.**, Valnev V.V. // Journal of Physics:

Conference Series, IOP Publishing, 2021, Volume 1753, Issue 1, pp. 012058. DOI: 10.1088/1742-6596/1753/1/012058.

Котелева, Н.И. Технология дополненной реальности как инструмент повышения эффективности технического обслуживания и аналитики работы электромеханического оборудования / Н.И. Котелева, **Ю.Л. Жуковский**, В.В. Вальнев // Журнал физических наук: серия конференций. – 2021. – № 1753. – Том 1. – С. 012058.

Соискателем проанализировано применение технологии дополненной реальности при обслуживании электромеханического оборудования. Представлены основные функции системы дополненной реальности для обслуживания оборудования.

Публикации в прочих изданиях:

39. **Жуковский, Ю.Л.** Диагностика и оценка остаточного ресурса электромеханического оборудования машин и механизмов (научная монография). Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», СПб. – 2013. – 90 с. 73/20 Коржев А.А., Козярук А.Е., Кривенко А.В., Бабурин С.В., Черемушкина М.С. (ссылки в диссертации на странице 93, 158 том 1)

Соискателем обоснована эффективность использования систем диагностики и оценки остаточного ресурса электромеханического оборудования по электрическим параметрам. Разработаны методы диагностики и архитектуры построения аппаратно-программных комплексов на базе микропроцессорных средств для обработки диагностических признаков, извлекаемых из сигналов тока и напряжения статора.

40. **Жуковский, Ю.Л.** Диагностика и оценка остаточного ресурса электромеханического оборудования машин и механизмов. Доклады научно-методического семинара «Методы и средства наладки электроприводов». Изд.: МЭИ, Москва. – 2014. – С. 34-47. (ссылки в диссертации на странице 93, 19 том 11)

Патенты и свидетельства программ для ЭВМ:

41. Патент на изобретение № 2425390 Российская Федерация. МПК G01R31/34 (2006.01). Способ диагностики и оценки остаточного ресурса электроприводов переменного тока: № 2009142097/28: заявл. 16.11.2009: опубл. 27.07.2011 / Козярук А.Е., **Жуковский Ю.Л.**, Бабурин С.В., Коржев А.А., Васильева Е.Е.; заявитель «Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова». – 6 с.: ил.

Соискателем разработан способ диагностики и оценки остаточного ресурса электропривода на основе оценки потерь электроэнергии.

42. Патент на изобретение № 2425391 Российская Федерация. МПК G01R31/34 (2006.01). Способ диагностики технического состояния электродвигателя по его электрическим параметрам: № 2009142082/28: заявл. 16.11.2009: опубл. 27.07.2011 / Козярук А.Е., **Жуковский Ю.Л.**, Черемушкина М.С., Коржев А.А., Кривенко А.В.; заявитель «Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова». – 5 с.

Соискателем разработан способ диагностики технического состояния электродвигателя на основе обработки спектральных составляющих тока, параметров качества электрической энергии.

43. Патент на изобретение № 2505917. МПК H02P9/02 (2006.01) дата публикации 27.01.2014. Патент № 2505917 Российская Федерация, МПК H02P 9/02 (2006.01). Система автономного электроснабжения: 2012146725/07; заявл. 01.11.2012: опубл. 27.01.2014 / Абрамович Б.Н., **Жуковский Ю.Л.**, Сычев Ю.А.; заявитель НМСУ «Горный». – 8 с.: ил.

Соискателем разработана структура системы автономного электроснабжения с учетом обеспечения работоспособности электромеханического оборудования.

44. Патент на изобретение № 2532762 Российская Федерация. МПК G01R/34 (2006.01). Способ диагностики и оценки остаточного ресурса электроприводов переменного тока: № 2013135607/28: заявл. 29.07.2013: опубл. 10.11.2014 / **Жуковский Ю.Л.**, Таранов С.И.; заявитель НМСУ «Горный». – 7 с.: ил.

Соискателем разработан способ диагностики на основе электрических параметров с учетом нагрузки.

45. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017614351 Российская Федерация. Генератор электрических и вибрационных сигналов электрической машины переменного тока для технической диагностики и оценки остаточного ресурса: № 2017614351; заявл. 27.02.2017; зарегистр. 12.04.2017; опубл. 12.04.2017 / **Жуковский Ю.Л.**, Королёв Н.А.; заявитель «Санкт-Петербургский горный университет». – 2 с.

Соискателем обоснована необходимость генерации эталонных сигналов в структуре системы диагностики электрических машин по электрическим параметрам.

46. Патент № 2626231 Российская Федерация, МПК G01R 31/34 (2006.01). Способ диагностики технического состояния и оценки остаточного ресурса электромеханического агрегата с асинхронным двигателем: № 2016144271: заявл. 10.11.2016: опубл. 24.07.2017 / **Жуковский Ю.Л.**,

Королёв Н.А., Бабанова И.С.; заявитель «Санкт-Петербургский горный университет». – 16 с.: ил.

Соискателем разработан алгоритм на основе искусственной нейронной сети для выявления неисправностей в асинхронном двигателе.

47. Патент № 2648413 Российская Федерация, МПК G05B 13/02 (2006.01), G06N 3/02 (2006.01), G05B 19/00 (2006.01). Способ управления режимами на основе нейросетевого диагностирования неисправностей и технического состояния электроприводного газоперекачивающего агрегата: № 2017101942: заявл. 20.01.2017; опубл. 27.03.2018 / **Жуковский Ю.Л.**, Королёв Н.А., Бабанова И.С.; заявитель «Санкт-Петербургский горный университет». – 16 с.: ил.

Соискателем разработан критерий оценки работоспособности электроприводного газоперекачивающего агрегата на основе диагностирования неисправностей.

48. Патент № 181087 Российская Федерация, МПК G01R 31/34 (2006.01). Устройство диагностики двигателей переменного тока с преобразователем частоты: № 181087; заявл. 19.10.2017; опубл. 04.07.2018 / **Жуковский Ю.Л.**, Королёв Н.А. Васильев Б.Ю.; заявитель «Санкт-Петербургский горный университет» – 8 с.: ил.

Соискателем разработан способ диагностики группы электродвигателей, питающихся от одного преобразователя частоты.

49. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020615940 Российская Федерация. Программа для определения оптимальных параметров систем управления асинхронного двигателя электропривода с преобразователем частоты: № 2020615940; заявл. 18.05.2020; зарегистр. 04.06.2020; опубл. 04.06.2020 / **Жуковский Ю.Л.**, Королёв Н.А. Васильев Б.Ю.; заявитель «Санкт-Петербургский горный университет». – 2 с.

Соискателем разработан алгоритм расчета параметров системы управления асинхронного двигателя.

50. Патент № 2727386 С1 Российская Федерация, МПК G01R 31/34 (2006.01). Устройство диагностики и оценки остаточного ресурса электродвигателей: № 2019134080; заявл. 23.10.2019; опубл. 21.07.2020 / Королёв Н.А., Васильев Б.Ю., **Жуковский Ю.Л.**, Желтиков Н.О.; заявитель «Санкт-Петербургский горный университет». – 9 с.

Соискателем разработан алгоритм для выявления неисправностей в асинхронном двигателе с учетом сигналов датчиков вибрации и шума.

51. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021669187 Российская Федерация. Программа управления

преобразователями частоты для лабораторного стенда «Конвейерный транспорт» для ПЛК Schneider Electric M580: № 2021668566; заявл. 22.11.2021; опубл. 24.11.2021 / Жуковский Ю.Л., Белоглазов И.И., Николаев М.Ю.; заявитель «Санкт-Петербургский горный университет». – 1 с.

Соискателем разработан алгоритм управления преобразователями частоты для лабораторного стенда конвейерного транспорта, содержащего в составе асинхронные двигатели.

52. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023660650 Российская Федерация. Программа распознавания наличия дефекта подшипника асинхронного двигателя: № 2023660650; заявл. 19.04.2023; опубл. 23.05.2023 / Жуковский Ю.Л., Булдыско А.Д.; заявитель «Санкт-Петербургский горный университет». – 1 с.

Соискателем разработан алгоритм работы искусственной нейронной сети на основе вектора Парка для определения наличия повреждения асинхронного двигателя в подшипниковом узле.

Апробация работы проведена на научно-практических мероприятиях:

1. The 9th International Conference on Energy, Resources, Environment and Sustainable Development (ERESD 2022) (май 2022 года, г. Суючжоу, КНР). Тема доклада: «Life cycle management of electromechanical equipment based on digital technologies».

2. Международная научно-практическая конференция «Проблемы территориального развития арктической зоны и пути их решения» (ARCTD 2021) (сентябрь 2021 года, г. Санкт-Петербург). Тема доклада: «Цифровая энергетика как основа устойчивого развития Арктического региона»

3. IV Международная научно-практическая конференция «Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование», (октябрь 2021 года, г. Санкт-Петербург). Тема доклада: «Устойчивое развитие минерально-сырьевого комплекса на основе цифровых технологий».

4. 3-я Международная научная конференция «Устойчивое и эффективное использование энергии, воды и природных ресурсов» (апрель 2021 года, г. Санкт-Петербург). Тема доклада: «Роль цифровых технологий в энергосбережении на горном производстве».

5. International Scientific Electric Power Conference ISEPC-2019 (май 2019 года, г. Санкт-Петербург). Тема доклада: «Problems of diagnostics of asynchronous motor powered by an autonomous voltage inverter».

6. Международная научно-практическая конференция «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2018», 2018 г., г. Санкт-Петербург. Тема доклада: «Диагностические параметры асинхронного электропривода на основе вектора парка».

7. Международная научная конференция «Энерго-ресурсоэффективность в интересах устойчивого развития». (ноябрь 2018 года, г. Томск). Тема доклада: «Влияние технологических изменений в сфере энергоэффективности на износ инфраструктуры в топливно-энергетическом комплексе».

8. Международная научно-техническая конференция «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2017», 2017 г., г. Санкт-Петербург. Тема доклада: «Применение технологии промышленного интернета вещей для управления жизненным циклом электромеханического оборудования».

9. Международная научно-практическая конференция «Горная электромеханика – 2017: проблемы повышения эффективности и безопасности эксплуатации горно-шахтного и нефтепромыслового оборудования» (октябрь 2017 года, г. Пермь). Тема доклада: «Техническая диагностика и прогнозирование состояния электромеханического оборудования на основе технологии «Промышленного интернета вещей».

В диссертации Жуковского Юрия Леонидовича отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: заведующего кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий» ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», д.т.н., профессора **Р.В. Ключева**; директора ФГБУН Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, д.т.н., доцента **С.М. Сендерова**; ведущего научного сотрудника Центра автоматизации, энергетики и сертификации оборудования трубопроводного транспорта лаборатории распределительных устройств и электротехнического оборудования ООО «НИИ Транснефть», к.т.н. **И.Л. Симонова**; директора института энергетики ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», к.т.н., доцента **Т.Б. Эзирбаева**; ректора ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», д.т.н., профессора **М.Ш. Минцаева**; директора по науке ООО «НТП «Фотон-Мониторинговые системы», д.т.н. **А.В. Тимфеева**; заведующего кафедрой Электроснабжения промышленных предприятий» ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», к.т.н., доцента **В.Ю. Карандея** и профессора той же кафедры д.т.н., профессора **Б.А. Коробейникова**; профессора кафедры гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии» (ГВИЭ) ФГБОУ

ВО «НИИ «МЭИ», д.т.н., доцента **К.В. Сулова**; доцента кафедры «Электроэнергетика» ГБОУ ФО «Альметьевский государственный нефтяной институт», к.т.н. **А.Р. Гарифуллиной** и проректора по научной работе, д.т.н. **Д.С. Реченко**; заведующего кафедрой «Горная электротехника и автоматика им Р.М. Лейбова» ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», д.т.н., профессора **К.Н. Маренича**; главного научного сотрудника Отдела теории проектирования и геотехнологии освоения недр ИПКОН РАН, д.т.н., профессора **М.В. Рыльниковой** и заведующего лабораторией цифровой трансформацией, к.т.н. **Д.А. Клебанова**; заведующего кафедрой «Автоматизированные системы управления» ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», д.т.н. **И.О. Темкина**; начальника отдела организации НИОКР АО «Газпром диагностика», д.т.н. **О.А. Рыбина**; профессора кафедры электропривода и автоматизации ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», д.т.н., профессора **А.Г. Захаровой**; доцента кафедры релейной защиты и автоматизации электрических станций, сетей и систем ФГАОУ ДПО «Петербургский энергетический институт повышения квалификации», к.т.н. **В.В. Полищука**; профессора кафедры «Энергетика и энергоэффективность горной промышленности» НИТУ «МИСИС», д.т.н., профессора **А.В. Ляхомского** и доцента той же кафедры, к.т.н., доцента **С.Н. Решетняка**; ведущего эксперта Дирекции систем автоматизации энергетических машин (ДСАЭМ) АО «Силовые машины», профессора кафедры РАПС ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета (ЛЭТИ) им. В.И. Ульянова (Ленина)», д.т.н. **М.В. Пронина**; профессора кафедры электротехники и электрооборудования судов ФГБОУ ВО «Санкт-петербургский государственный морской технический университет» **Б.Ф. Дмитриева**; главного специалиста отдела инспекций и приемки ООО «Арктик СПГ-2», к.т.н. **В.Е. Полякова**; директора учебно-научного центра информационный технологий обучения, Институт ядерной энергии и промышленности ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», д.т.н., доцента **И.Ю. Семыкиной**.

В отзывах дана положительная оценка диссертационного исследования, отмечена актуальность выбранной темы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования, логическое построение работы с использованием актуальной научной и статистической информации, однако отмечены ряд замечаний:

1. В автореферате диссертации можно было бы привести больше примеров использования методов машинного обучения, основанных на

применении нейронных сетей, для решения поставленных задач. (д.т.н. **Р.В. Ключев**).

2. Можно было привести экономический эффект, достигнутый в работе. (д.т.н. **Р.В. Ключев**).

3. Из текста автореферата неясно, за счет чего главным образом достигается безопасная эксплуатация электромеханического оборудования, заявленная при постановке цели работы. (д.т.н. **С.М. Сендеров**)

4. Каким образом автором предлагается оценивать уровни цифровизации ЭТК ГиНГИ? (д.т.н. **С.М. Сендеров**).

5. Из формулировки задачи №5 (стр. 6) следует, что автор определяет математические модели, необходимые для управления безопасным и эффективным функционированием ЭМО. Правильно ли понимать, что математические модели уже созданы и автор обосновывает их выбор? (д.т.н. **С.М. Сендеров**).

6. На стр. 19 автореферата указано, что комплексная структура диагностики «позволяет идентифицировать широкий спектр, неисправностей», — данная формулировка является довольно размытой, необходимы уточнения. (к.т.н. **И.Л. Симонов**).

7. В таблице 1 введены определения «ранняя стадия развития дефекта» и «критическая стадия развития дефекта», необходимы уточнения, как автором определяются данные стадии. (к.т.н. **И.Л. Симонов**)

8. Желательно было бы уточнить, что автором понимается под «энергетическими потоками» в третьем защищаемом научном положении? (к.т.н. **Т.Б. Эзирбаев**).

9. Из текста не совсем понятно, какими были условия проведения экспериментальных исследований, результаты которых представленных на странице стр. 14? (к.т.н. **Т.Б. Эзирбаев**)

10. Исходя из формулировки п.3 научной новизны работы (стр. 7) правильно ли понимать, что комплексные диагностические признаки основаны на предложенных диагностических признаках? (д.т.н. **М.Ш. Минцаев**).

11. Текст автореферата диссертации не отвечает в полной мере на вопрос, какие средства цифровых технологий используются для достижения поставленной цели. (д.т.н. **М.Ш. Минцаев**).

12. На странице 15 автореферата указано, что наличие дефектов приводит к пульсации скорости, следует уточнить о скорости какого узла в электромеханическом оборудовании идет речь? (д.т.н. **А.В. Тимофеев**).

13. В тексте автореферата отсутствуют расшифровки следующих аббревиатур: НГДП (стр. 25), НВИЭ, ДЭС (стр. 29). (д.т.н. **А.В. Тимофеев**)

14. Из автореферата непонятно: как предлагается градуировать степень повреждения электромеханического оборудования (стр. 7, п.1). (д.т.н. **А.В. Тимофеев**).

15. Из текста автореферата не вполне ясно: какая метрика использовалась для контроля качества оценивания показателя RUL, (Remaining Useful Life - Оставшийся Полезный Срок Жизни) оборудования? Обычно используются RMSE, MAE, MedAE, R2 и проч. (д.т.н. **А.В. Тимофеев**).

16. Как следует из текста автореферата, при решении комплекса задач предсказательного обслуживания, в частности, при оценивании величины остаточного ресурса оборудования по ретроспективным данным, автор не использовал высокоэффективную и довольно популярную в последние годы при решения подобных задач комбинацию архитектур глубоких нейронных сетей СММ-Г5ТМ, что, возможно, позволило бы получить более высокую точность оценивания ВТ, по сравнению с достигнутой. (д.т.н. **А.В. Тимофеев**).

17. Является ли предложенные автором теория, методы и средства обеспечения безопасной и эффективной эксплуатации электромеханического оборудования универсальными и применимыми для точного определения дефектов, в том числе и на ранней стадии, не только для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (АДКР), но и для других типов электрических машин? (к.т.н. **В.Ю. Карандей** и д.т.н. **Б.А. Коробейников**).

18. В тексте автореферата диссертации (стр. 26) приведен результат повышения энергетической эффективности в цикле эксплуатации, который оценивается в 0,3% с учетом моделирования влияния компонентного состава электромеханического оборудования (ЭМО). Действительно ли верно данное значение? (к.т.н. **В.Ю. Карандей** и д.т.н. **Б.А. Коробейников**).

19. В тексте автореферата не уделено достаточного внимания оценке и прогнозированию остаточного ресурса электромеханического оборудования, что оставляет вопросы относительно выполнения поставленных задач? (д.т.н. **К.В. Суслов**).

20. Как произведена в работе оценка экологической эффективности? (д.т.н. **К.В. Суслов**).

21. В автореферате утверждается, что рост потерь электроэнергии и повышенной вибрации в ЭМО оказывают влияние на эффективность и безопасность функционирования ЭТК ГиНГП, но не показано в какой степени проявляется это влияние. (к.т.н. **А.Р. Гарифуллина** и д.т.н. **Д.С. Реченко**).

22. Используются аналитические методы и средства обеспечения безопасной и эффективной эксплуатации ЭМО, но не представлено метрологическое обеспечение исследований и полевые испытания для подтверждения результатов исследований. (к.т.н. А.Р. Гарифуллина и д.т.н. Д.С. Реченко).

23. На рисунке 12 приведена архитектура ЦД процесса управления безопасной и эффективной эксплуатации объекта добычи нефти, из которой следует, что ЦД подаёт управляющие сигналы на физический объект, однако отсутствует обратная связь. Означает ли это, что работа цифрового двойника не корректируется в зависимости от состояния физического объекта? (к.т.н. А.Р. Гарифуллина и д.т.н. Д.С. Реченко).

24. Имеются ошибки в оформлении формул: в пояснении к формулам (6), (7) есть параметр ρ_i который в самих формулах отсутствует; в пояснении к формуле (8) присутствует параметр λ — в формуле его нет; по формулам (9), (10) не поясняется, что такое x_{ij} ; в формуле (11) утерян параметр kr_2 ? (к.т.н. А.Р. Гарифуллина и д.т.н. Д.С. Реченко).

25. На странице 25 автореферата поддержание пластового давления — должно быть ППД (не ПДД). (к.т.н. А.Р. Гарифуллина и д.т.н. Д.С. Реченко).

26. Из текста автореферата не ясно, насколько типичным для производственных условий при эксплуатации асинхронных двигателей является эффект несимметрии напряжений с численными показателями, приведенными на стр. 14. Здесь же уместно было бы указать и на причины этого явления. (д.т.н. К.Н. Маренич).

27. Из текста автореферата не ясно, какие средства выявления параметров, характеризующих техническое состояние рудничного электромеханического оборудования, могут быть применены, в т.ч., в случае, если предполагается передача данных по протяжённым искробезопасным проводным линиям связи, в частности, в условиях угольной шахты. (д.т.н. К.Н. Маренич).

28. Технические решения, обоснованные в диссертации, призваны предупредить возникновение аварийных состояний электромеханического оборудования, продлить его ресурс, т.е., повысить эффективность его эксплуатации. Что же касается безопасности эксплуатации, то, не все отказы и аварийные состояния электромеханического оборудования представляют опасность для эксплуатационного персонала, а целый ряд вопросов по обеспечению электробезопасности рудничных — электротехнических комплексов вообще не связан с функционированием и техническим состоянием электромеханических установок. Поэтому в формулировке текста

«заклучения» (стр. 30) корректнее было бы дать формулировку о том, что «... решена актуальная научная проблема развития теории, методов и совершенствования средств обеспечения безопасности и эффективности эксплуатации электромеханического оборудования в структуре электротехнического комплекса... .». (д.т.н. **К.Н. Маренич**).

29. При формулировании первого защищаемого положения об интеграции информации о режимах работы, эталонных параметрах, диагностических признаках, извлекаемых из электрических сигналов без остановки технологического процесса, что позволяет существенно повысить эффективность диагностики электромеханического оборудования в электротехнических комплексах, автор не учитывает временные периоды и дискретность собираемой информации о работе электромеханического оборудования, применяемого в горнотехнических системах, что имеет особую практическую значимость для недропользователей. (д.т.н. **М.В. Рыльникова** и к.т.н. **Д.А. Клебанов**).

30. Недостаточное, на наш взгляд, количество примеров достижения реального экономического эффекта по определенным статьям расходов и доходов, который мог быть достигнут в условиях оптимизации функционирования электромеханического оборудования по предложенной соискателем методике в конкретных горнотехнических системах. (д.т.н. **М.В. Рыльникова** и к.т.н. **Д.А. Клебанов**).

31. Из текста автореферата не ясно, какие модели и механизмы автор включает в понятие «концептуальная модель цифрового двойника». (д.т.н. **И.О. Темкин**).

32. Следует пояснить, каким образом концептуальная модель цифрового двойника способствует оценке жизненного цикла эксплуатации и как при этом используется сценарное моделирование. (д.т.н. **И.О. Темкин**).

33. В автореферате не поясняется, какие параметры эффективности улучшаются на основе комплекса предлагаемых автором цифровых технологий. (д.т.н. **И.О. Темкин**).

34. В тексте общими фразами говорится о повышении безопасности эксплуатации электромеханического оборудования, но не указано, каким образом предполагается достижение безопасности и как численно определяется это увеличение? (д.т.н. **О.А. Рыбин**).

35. Из формулировки п.2 научной новизны работы (стр. 7 автореферата) не понятно, как связаны оценка остаточного ресурса и показатель технического состояния. (д.т.н. **О.А. Рыбин**).

36. Каким образом и по каким показателям определяется воздействие на окружающую среду от наличия повреждений в электромеханическом оборудовании? (д.т.н. **О.А. Рыбин**).

37. Неясно, разработаны ли по результатам работы пособия, инструкции, технические руководства и т.п. для обеспечения персонала информационной поддержкой при решении задач сервисного обслуживания и ремонта. (д.т.н. **А.Г. Захарова**).

38. Из текста автореферата диссертации неясно, оценивалось ли влияние спектрального состава высших гармоник на величину потерь в статорных обмотках и ср.

~~39. ок службы изоляции. (к.т.н. **В.В. Полищук**).~~

40. Неясно, позволяет ли предложенный автором метод формирования эталонных спектров предельного состояния приводного механизма выявлять индивидуальные дефекты привода, отсутствующие у всех совокупности механизмов. (к.т.н. **В.В. Полищук**).

41. В автореферате указано, что «рост вклада высших гармонических составляющих напряжения питающей сети... приводит к росту температуры от 1,8 до 2 раз», Каков порядок гармоник, приводящих к такому росту температуры? (д.т.н. **А.В. Ляхомский** и к.т.н. **С.Н. Решетняк**).

42. Оценивалось ли влияние высших гармонических составляющих на другие параметры электропривода, например - вибрацию и шум? (д.т.н. **А.В. Ляхомский** и к.т.н. **С.Н. Решетняк**).

43. В автореферате не указаны требования к оборудованию предполагаемых программно-аппаратных комплексов для реализации алгоритмов, предлагаемых автором? (д.т.н. **А.В. Ляхомский** и к.т.н. **С.Н. Решетняк**).

44. В самосвалах БелАЗ в начале поставок трансмиссий с инверторами и асинхронными двигателями были аварии, обусловленные расплавлением припоя, использованного при сборке обмоток роторов. Как можно контролировать состояние припоя и предотвращать подобные аварии? (д.т.н. **М.В. Пронин**).

45. В приводах мельниц применяются каскадные преобразователи частоты (КПЧ). При неисправности транзисторно-конденсаторных блоков в КГГЧ они отключаются, а приводы продолжают работу с искажением трехфазных систем напряжений. Направлены ли предложения диссертации на обеспечение исправной работа приводов при указанных авариях? (д.т.н. **М.В. Пронин**).

46. Требуется пояснения термин «динамический коэффициент мощности» (стр. 17). (д.т.н. **Б.Ф. Дмитриев**).

47. Что такое «предсказательное техническое обслуживание» (стр.4)? (д.т.н. **Б.Ф. Дмитриев**).

48. Что Вы понимаете под термином «электромеханическое оборудование»? (Ю.П. Коськин, М.В. Пронин). В чем отличие Вашей терминологии? (д.т.н. **Б.Ф. Дмитриев**).

49. На стр. 14 отмечено, что рост вклада высших гармонических составляющих напряжения питающей сети приводит к росту температуры асинхронного двигателя от 1,8 до раз. Неясно каков спектр у таких гармонических составляющих, что мощность высших гармоник сопоставима с номинальной мощностью двигателя, и какими источниками он провоцируется. (д.т.н. **И.Ю. Самыкина**).

50. В диссертации разработан метод диагностики неисправностей в элементах и узлах мельницы, позволяющий идентифицировать ее динамическое состояние и износ узлов, может ли данный метод быть адаптирован для оценки состояния других технологических машин (комбайны, конвейеры, экскаваторы и т.п.)? (д.т.н. **И.Ю. Самыкина**).

51. Автором разработан алгоритм определения режимов работы и диагностики состояния электропривода в узле нагрузки, содержащем группу электромеханического оборудования по суммарному потоку энергии. Какова селективность данного алгоритма? Какое максимальное число объектов в группе допустимо? (д.т.н. **И.Ю. Самыкина**).

52. На стр. 24 отмечено, что цифровой двойник реализует оценку энергетической составляющей и определение не продуктивных затрат при эксплуатации электромеханического оборудования на основе данных, полученных информационными сервисами Каковы критерии отнесения затрат энергии к непродуктивным? Как продуктивность затрат энергии алгоритмически связана с технологическим процессом? (д.т.н. **И.Ю. Самыкина**).

53. На стр. 15 автореферата приведены результаты экспериментальных исследований влияния неисправностей электродвигателя на его КПД, необходимо пояснить на электродвигателях какой мощности проводились исследования, какие типы подшипников рассматривались? (к.т.н. **В.Е. Поляков**).

54. На стр. 19 текста автореферата указано, что комплексная структура диагностики «позволяет идентифицировать широкий спектр неисправностей», — данная формулировка является довольно размытой, необходимы уточнения? (к.т.н. **В.Е. Поляков**).

55. Из текста автореферата диссертационного исследования не ясно: определение возникновения дефектов выполняется всё-таки моделями и

алгоритмами автора, или является вероятностной оценкой? (к.т.н. В.Е. Поляков).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований и публикаций по теме диссертационной работы и их компетентностью в области диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

определены факторы снижения наработки на отказ, а также выявлены закономерности изменения показателей эффективности работы ЭМО от вида и степени повреждения, установлено влияние роста потерь электрической энергии на сокращение срока службы, что необходимо учитывать при оценке влияния на безопасность и эффективность функционирования ЭМО в ЭТК ГиНГП;

разработана методология диагностирования и оценки остаточного ресурса без остановки и вывода из эксплуатации ЭМО на основе многофакторного анализа его эксплуатационных электрических параметров. В качестве показателя технического состояния используется коэффициент изменения потерь в элементах ЭТК, равный разнице относительных потребляемых ЭМО мощностей при определенной величине нагрузки, а также приведенная величина потерь в агрегате за время до перехода его в предельное состояние, в котором дальнейшая эксплуатация ЭМО невозможна;

предложены комплексные диагностические признаки, позволяющие отслеживать и прогнозировать изменение остаточного ресурса ЭМО при различных параметрах, переменных режимах работы и флуктуации внешних и эксплуатационных факторов ЭТК ГиНГП, на основе интеграции информации об эталонных состояниях, а также предложенных диагностических признаков, извлекаемых из электрических сигналов без остановки технологического процесса;

разработан комплекс алгоритмов обработки эксплуатационных данных и диагностических признаков на основе средств искусственного интеллекта для определения вида повреждения и классификации режимов работы ЭМО в ЭТК, позволяющий перейти к предсказательной системе технического обслуживания и ремонта для повышения безопасности и эффективности эксплуатации ЭМО;

обоснована структура и методология функционирования цифрового двойника процесса управления техническими воздействиями на жизненном цикле эксплуатации ЭМО в составе ЭТК ГиНГП, отличающаяся учетом

дополнительных потерь электроэнергии и воздействия на окружающую среду, обусловленных наличием дефектов ЭМО;

обоснована комплексная взаимосвязанная структура программных модулей и разработаны алгоритмы их функционирования в составе распределенной системы управления жизненным циклом эксплуатации ЭМО с учетом классификации первичной информации, ранжирования сценариев обмена данными, уровня тяжести последствий аварий и цифровизации ЭТК ГиНГП.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, представляющие собой решение актуальной научной проблемы обеспечения безопасной и эффективной эксплуатации электромеханического оборудования в структуре электротехнических комплексов на основе комплексного применения цифровых технологий, что вносит значительный вклад в устойчивое развитие горных и нефтегазовых предприятий и обеспечение энергетической безопасности страны.

для решения поставленных задач в диссертации результативно использованы общепризнанные теории, методы и подходы, адекватные математические модели исследуемых систем, численное и имитационное моделирование, методы анализа и обобщения данных, статистические методы обработки данных, теория обобщённой электрической машины, теория электропривода, теория временных рядов, методы машинного обучения;

изложена идея возможности повышения безопасности и эффективности эксплуатации электромеханического оборудования на основе разработанных методов и средств, позволяющих перейти к модели управления жизненным циклом эксплуатации с комплексным использованием цифровых технологий;

раскрыты противоречия, заключающиеся в отсутствие комплексных решений по применению цифровых технологий для ГиНГП, в части обеспечения безопасной и эффективной эксплуатации ЭМО, что определяет актуальность направления исследований, в том числе при рассмотрении ЭМО как ключевого звена в преобразовании и использовании энергии, а также как источника цифровых данных;

обоснована зависимость влияния наличия дефектов электромеханического оборудования на показатели энергетической эффективности электротехнических комплексов ГиНГП,

изучены существующие методы диагностики технического состояния, оценки и прогнозирования остаточного ресурса электромеханического оборудования в ЭТК ГиНГП, текущие подходы к управлению техническим обслуживанием и ремонтом ЭМО в составе электротехнических комплексов ГиНГП;

проведена модернизация существующей модели оценки стоимости жизненного цикла ЭМО путем учета потерь электроэнергии и эквивалента выбросов обусловленных наличием дефектов.

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

разработаны и внедрены модель оценки жизненного цикла эксплуатации при сервисном обслуживании и ремонте карьерной, шахтной и специальной техники для определения потерь и эквивалента вредных выбросов, обусловленных техническим состоянием электромеханического оборудования в производственную деятельность ООО «АВТОТЕХИНМАШ»; при построении цифровых моделей СЗФО АО «МЦД», а именно создании алгоритмов и обучении для определения дефектов мельниц; методики оценки остаточного ресурса по электрическим параметрам на основе анализа коэффициента изменения потерь ООО «НПП «КИТ» при создании алгоритмов работы микропроцессорных устройств релейной защиты в электротехнических комплексах, имеющих в своем составе электропривод, построенный на основе двигателей переменного тока; лабораторные стенды и программное обеспечение, используемые в учебном процессе в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» при обучении студентов и проведении курсов повышения квалификации; алгоритм нейросетевого диагностирования неисправностей и оценки технического состояния принят к использованию в ООО «Севзаптехника» для повышения безопасности эксплуатации автономных дизель-генераторных электростанций обеспечивающих энергоснабжение электротехнических комплексов нефтегазовых предприятий; метод оценки взаимного влияния фактического состояния и энергетических потоков структурных элементов электротехнического комплекса, учитывающего сценарные условия их функционирования использован АО «Готэк Северо-Запад» при оценке рисков безопасной эксплуатации электромеханического оборудования с учетом сценарных условий в зависимости от вероятности возникновения дефектов и уровня потерь электроэнергии в процессе эксплуатации обусловленных его техническим состоянием;

определены комплексные диагностические признаки, позволяющие отслеживать и прогнозировать изменение остаточного ресурса ЭМО при различных параметрах, переменных режимах работы и флуктуации внешних и эксплуатационных факторов ЭТК ГиНГП;

создан комплекс алгоритмов обработки эксплуатационных данных и диагностических признаков на основе средств искусственного интеллекта для определения повреждения и классификации режимов работы ЭМО в ЭТК, позволяющий перейти к предсказательной системе технического обслуживания и ремонта для повышения безопасности и эффективности эксплуатации ЭМО;

представлены рекомендации для выбора структуры и архитектуры алгоритмов, применяемых для извлечения диагностической информации и прогнозирования степени развития дефектов в системе управления жизненным циклом эксплуатации ЭМО.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании, показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях вариации нагрузки;

теория построена на известных моделях, проверяемых данных, фактах, полученные результаты исследований согласуются с аналогичными результатами отечественных и зарубежных авторов;

идея базируется на результатах анализа и обобщения опыта в области эксплуатации и диагностики ЭМО, обработки электрических сигналов, подходов к управлению техническим обслуживанием и ремонтом ЭМО;

использованы результаты отечественного и зарубежного опыта применения цифровых технологий для повышения эффективности и безопасности ЭМО;

установлено качественное и количественное сопоставление авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике исследования;

использованы современные методики сбора и обработки эксплуатационных и экспериментальных данных, представительные выборочные совокупности с обоснованием подбора объектов (единиц) наблюдения и измерения.

Личный вклад соискателя состоит в проведенном анализе отечественной и зарубежной научной литературы, рассмотрении существующих и перспективных методов обнаружения дефектов, оценке и прогнозировании технического состояния, выборе, обосновании, организации и планировании теоретических, лабораторных исследований, проведенном анализе и обобщении результатов экспериментов, формировании основных выводов по полученным данным, разработке алгоритмов мониторинга и прогнозирования вида и степени развития дефектов ЭМО по диагностическим признакам, предложении комплексных моделей и показателей, позволяющих отслеживать и управлять техническими воздействиями с учетом изменения потерь, разработке структуры и

алгоритмов функционирования распределенной системы управления жизненным циклом электромеханического оборудования.

В ходе защиты критических замечаний высказано не было.

Соискатель Жуковский Юрий Леонидович ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 25 апреля 2024 диссертационный совет принял решение присудить **Жуковскому Юрию Леонидовичу** ученую степень доктора технических наук за решение актуальной научной проблемы обеспечения безопасной и эффективной эксплуатации ЭМО в структуре ЭТК на основе комплексного применения цифровых технологий, что вносит значительный вклад в развитие ГИНГП.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – нет, ~~недействительных бюллетеней – нет~~ (1 – не участвовал в голосовании).

Председатель
диссертационного совета



Шпенст
Вадим Анатольевич

Ученый секретарь
диссертационного совета

Устинов
Денис Анатольевич

25.04.2024 г.