

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ 212.224.14  
ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 28.04.2022 № 14

О присуждении **Королёву Николаю Александровичу**, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Оценка технического состояния электротехнических комплексов с асинхронным электроприводом по частотным составляющим спектра тока» по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы принята к защите 25.02.2022, протокол заседания № 2 диссертационным советом ГУ 212.224.14 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2, приказ ректора Горного университета о создании диссертационного совета от 23.09.2019 № 1232 адм с изменениями от 22.12.2020 № 1903 адм, от 06.04.2021 № 662 адм, от 12.07.2021 №1383 адм, от 09.11.2021 № 2312 адм.

Соискатель, **Королёв Николай Александрович**, 13 сентября 1991 года рождения, в 2014 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по специальности 140604.65 Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов, с присвоением квалификации Горный инженер.

В 2018 году соискатель освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». Диплом об окончании аспирантуры получен 13.06.2018 г.

Работает главным специалистом Учебно-научного центра цифровых технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет».

Диссертация выполнена на кафедре электроэнергетики и электромеханики в федеральном государственном бюджетном

образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Козярук Анатолий Евтихиевич**, профессор кафедры электроэнергетики и электромеханики в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет».

Официальные оппоненты:

**Саушев Александр Васильевич** – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой электропривода и электрооборудования береговых установок федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова»;

**Поляков Николай Александрович** – кандидат технических наук, доцент факультета систем управления и робототехники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»; дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – акционерное общество «Силовые машины – ЗТЛ, ЛМЗ, Электросила, Энергомашэкспорт», г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном **Бурмистровым Александром Александровичем** кандидатом технических наук, заместителем директора и **Прониным Михаилом Васильевичем** доктором технических наук, ведущим экспертом и утвержденном **Гоголевым Григорием Александровичем** кандидатом технических наук, директором Дирекции по системам автоматики энергетических машин, указала, что прикладное значение результатов диссертации заключается в возможности и целесообразности их использования в проектах асинхронных электроприводов предприятий России, например, в проектах электрооборудования карьерных экскаваторов, электрических трансмиссий самосвалов БелАЗ.

Соискатель имеет 16 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 16 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 16 работ, в том числе в 3 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, (далее – Перечень ВАК), в 8 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и систему цитирования Scopus. Получено 6 патентов РФ, в том числе 3 патента на изобретение,

1 патент на полезную модель и 2 свидетельства о государственной регистрации программного продукта для ЭВМ.

Общий объем – 5,56 печатных листов, в том числе 3,12 печатных листов - соискателя.

**Публикации в изданиях из перечня ВАК Минобрнауки РФ:**

1. Жуковский, Ю.Л. Оценка технического состояния и остаточного ресурса электромеханического агрегата с асинхронным двигателем / Ю.Л. Жуковский, **Н.А. Королёв**, И.С. Бабанова // Горное оборудование и электромеханика, № 6, Москва. – 2017. – С. 20–25.

*Соискателем предложен метод, основанный на комплексном способе диагностики по вибрационным и электрическим параметрам, учитывающий качество питающей сети и параметры условий эксплуатации, а также структура, обеспечивающая идентификацию дефектов на всех стадиях развития.*

2. 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. Королёв** // Электротехнические системы и комплексы, № 3 (36), Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова (Магнитогорск). – 2017. – С. 47-54.

*Соискателем обоснована структура системы оценки технического состояния электротехнического комплекса на примере электроприводного газоперекачивающего агрегата, учитывающая параметры электродвигателя, исполнительного органа и внешние факторы, и набор контролируемых параметров, обеспечивающих заданную точность диагноза.*

3. **Королёв, Н.А.** Система управления электроприводом нагнетательных вентиляторов и сетевого насоса для поддержания теплового режима в шахтных стволах. / **Н.А. Королёв**, Е.М. Васильев, А.В. Николаев // Горное оборудование и электромеханика, № 1, Москва. – 2015. – С. 20-24.

*Соискателем разработана система управления электроприводами насосных и вентиляторных установок в условиях горнодобывающего предприятия способствующие повышению энерго- и ресурсосбережению эксплуатации шахтных стволов при низких температурах наружного воздуха.*

**Публикации в изданиях, входящих в международные базы данных и систему цитирования Scopus:**

4. **Korolev, N.A.** AC motor diagnostics system based on complex parametric analysis / **N.A. Korolev, S.V. Solovev.** - DOI: 10.1088/1757-899X/177/1/012007. – Текст: электронный // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing. - 2017. – Vol. 177, Issue 1. – PP. 1-7.

*Соискателем предложена многоуровневая структура оценки технического состояния асинхронного двигателя с сопряженным механическим оборудованием и алгоритм ее действия, а также функционал и принцип действия каждой из входящих в нее подсистем. Разработана методика укрупненной оценки остаточного ресурса на основе данных технического состояния.*

5. Zhukovskiy, Y.L. The probability estimate of the defects of the asynchronous motors based on the complex method of diagnostics / Y.L. Zhukovskiy, **N.A. Korolev**, I.S. Babanova, A.V. Boikov. - DOI: 10.1088/1755-1315/87/3/032055. – Текст: электронный // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing - 2017. – Vol.87, Issue 3. PP.1-6.

*Соискателем разработан способ оценки технического состояния на основе определения вероятности возникновения дефекта при регистрации электрических и вибрационных параметров асинхронного электропривода и представлена интеграция данного способа в автоматизированную систему управления технологическим процессом.*

6. Zhukovskiy, Y.L. The prediction of the residual life of electromechanical equipment based on the artificial neural network / Y.L. Zhukovskiy, **N.A. Korolev**, I.S. Babanova, A.V. Boikov. - DOI: 10.1088/1755-1315/87/3/032056. – Текст: электронный // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing. - 2017. – Vol. 87, Issue 3. – PP. 1-6.

*Соискателем предложена методика определения границ технического состояния асинхронного двигателя, с учетом которых определяется остаточный ресурс и сформулированы рекомендации по эксплуатации в зависимости от состояния двигателя.*

7. Zhukovskiy, Y. About increasing informativity of diagnostic system of asynchronous electric motor by extracting additional information from values of consumed current parameter / Y. Zhukovskiy, **N. Korolev**, N. Koteleva. - DOI: 10.1088/1742-6596/1015/3/032158. – Текст: электронный // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing. - 2018. - Vol. 1015, Issue 3. – PP. 1-7.

*Соискателем выявлены диагностические признаки асинхронного электропривода при регистрации токов в двух фазах, характеризующие техническое состояние преобразователя, асинхронного двигателя и*

*рабочего органа, в условиях ограниченного доступа к оборудованию и неполноты информации.*

**8. Zhukovskiy, Y.L.** Diagnostics of an asynchronous motor powered from a self-commutated voltage inverter / Y.L. Zhukovskiy, **N.A. Korolev**, N.I. Koteleva. - DOI: 10.1088/1757-899X/560/1/012171. – Текст: электронный // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing. - 2019. – Vol. 560, Issue 1. – PP. 1-7.

*Соискателем выполнен спектральный анализ потребляемых асинхронным двигателем токов и построение годографов обобщенного вектора тока при питании от автономного инвертора напряжения и эквивалентного короткого замыкания в одной из фаз.*

**9. Korolev, N.A.** Problems of diagnostics of asynchronous motor powered by an autonomous voltage inverter / **N.A. Korolev**, S.V. Solovev, Y.L. Zhukovskiy. - DOI: 10.1088/1757-899X/643/1/012022. – Текст: электронный // IOP Conference Series: Journal of Physics: Conf. Series. – IOP Publishing. - 2019. – Vol. 643, Issue 1. – PP. 1-7.

*Соискателем выявлены особенности при анализе диагностических признаков асинхронного двигателя при питании от источника несинусоидального напряжения.*

**10. Korolev, N.** Monitoring the technical condition of autonomous electrical systems with electric drive / **N. Korolev**, S. Solovev. - DOI: 10.1051/e3sconf/201914004015. – Текст: электронный // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences. - 2019. – Vol. 140, Issue 1. – PP. 1-4.

*Соискателем выполнена оценка технической возможности и эффективности применения средств диагностики в автономных электротехнических комплексах с электроприводами переменного тока.*

**11. Zhukovskiy, Y.L.** Asynchronous motor drive operability field with two-link structure of frequency converter / Y.L. Zhukovskiy, **N. Korolev**, I. Filatova, - DOI: 10.1088/1742-6596/1661/1/012127. – Текст: электронный // IOP Conference Series: Journal of Physics: Conf. Series. – IOP Publishing. - 2020. – Vol. 1661, Issue 1. – PP. 1-7.

*Соискателем предложен подход к определению области работоспособности электропривода на базе асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и двухзвенным преобразователем частоты.*

#### **Публикации в прочих изданиях:**

**12. Королёв, Н.А.** Система диагностики электродвигателя переменного тока на основе комплексного параметрического анализа / Актуальные проблемы повышения эффективности и безопасности эксплуатации

горношахтного и нефтепромыслового оборудования. – Сборник научных трудов, Т.1. – Пермь. – 2016. – С.236-242.

*Соискателем предложен подход по комплексной диагностике асинхронных двигателей с применением электрических координат и вибрационным параметром.*

**13. Королёв, Н.А.** Мониторинг и оценка остаточного ресурса машин переменного тока с использованием комплексного анализа вибрационных и электрических параметров / 70-ая Международная молодежная научная конференция «Нефть и газ» 2016. – Сборник научных трудов. – Москва. – 2016. – С.23.

*Соискателем описана методика по комплексной диагностике асинхронных двигателей с применением электрических координат и вибрационным параметром.*

**14. Королев, Н.А.** Оценка технического состояния и остаточного ресурса машин переменного тока с использованием комплексного анализа вибрационных и электрических параметров / 71-ая Международная молодежная научная конференция «Нефть и газ» 2017. – Сборник научных трудов. – Москва. – 2017. – С.30.

*Соискателем предложен способ оценки технического состояния при комплексной диагностике асинхронных двигателей с применением электрических координат и вибрационным параметром.*

**15. Королев, Н.А.** Оценка вероятности дефекта асинхронного двигателя на основе комплексного метода диагностики / Актуальные проблемы повышения эффективности и безопасности эксплуатации горношахтного и нефтепромыслового оборудования. – Сборник научных трудов, Т.1. – Пермь. – 2017. – С.60-67.

*Соискателем получены зависимости вероятности выхода из строя асинхронного двигателя по изменениям потребляемого тока.*

**16. Королев, Н.А.** Повышение информативности системы диагностики по потребляемому току асинхронного электропривода / 74-ая Международная молодежная научная конференция «Нефть и газ» 2020. – Сборник научных трудов. – Москва. – 2020. – С.116-117.

*Соискателем выполнен анализ современных методов диагностики с выделением наиболее эффективного с рекомендациями по повышению информативности метода токовой диагностики.*

#### **Патенты:**

**17.** Патент 2626231 Российская Федерация. Способ диагностики технического состояния и оценки остаточного ресурса электромеханического

агрегата с асинхронным двигателем / Ю.Л. Жуковский, **Н.А. Королёв**, И.С. Бабанова; правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». – № 2016144271; заявл. 10.11.2016; опубл. 24.07.2017, Бюл. № 21 – 16 с.

*Соискателем разработан способ диагностики технического состояния и остаточного ресурса асинхронного электропривода, обеспечивающий высокую точность и качество диагноза, путем регистрации, обработки и хранения данных по электрическим, вибрационным и косвенным параметрам.*

**18.** Патент 2648413 Российская Федерация. Способ управления режимами на основе нейросетевого диагностирования неисправностей и технического состояния электроприводного газоперекачивающего агрегата / Ю.Л. Жуковский, **Н.А. Королёв**, И.С. Бабанова; правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». – № 2017101942; заявл. 20.01.2017; опубл. 27.03.2018, Бюл. № 9 – 16 с.

*Соискателем выполнен патентный поиск, обосновано количество контролируемых подсистем и параметров, обеспечивающих необходимую точность диагностики на примере электроприводного газоперекачивающего агрегата.*

**19.** 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 / Ю.Л. Жуковский, Н.И. Котелева, **Н.А. Королев**; правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». – № 2017614351; заявл. 27.02.2017; зарегистр. 12.04.2017; опубл. 12.04.2017– 2 с.

*Соискателем выполнена разработка математического аппарата программного продукта для имитации сигналов неисправного асинхронного двигателя в части вибраций и токов, для оценки уровней технического состояния.*

**20.** Патент 181087 Российская Федерация. Устройство диагностики двигателей переменного тока с преобразователем частоты / Ю.Л. Жуковский, **Н.А. Королёв**, Б.Ю. Васильев; правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования «Санкт-Петербургский горный университет». – № 181087; заявл. 19.10.2017; опубл. 04.07.2018, Бюл. № 19 – 8 с.

*Соискателем выполнена разработка архитектуры и структуры устройства диагностики двигателей переменного тока при работе от преобразователя частоты.*

**21.** Патент 2727386 Российская Федерация. Устройство диагностики и оценки остаточного ресурса электродвигателей / Ю.Л. Жуковский, **Н.А. Королёв**, Б.Ю. Васильев, Н.О. Желтиков; правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». – № 181087; заявл. 19.10.2017; опубл. 21.07.2020, Бюл. № 21 – 9 с.

*Соискателем выполнена разработка блоков функциональной диагностики и остаточного ресурса устройства диагностики и оценки остаточного ресурса.*

**22.** Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2020615940. Российская Федерация. Программа для определения оптимальных параметров систем управления асинхронного двигателя электропривода с преобразователем частоты / Ю.Л. Жуковский, **Н.А. Королев**, Б.Ю. Васильев; правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». – № 2020615940; заявл. 18.05.2020; зарегистр. 04.06.2020; опубл. 04.06.2020 – 1 с.

*Соискателем выполнена разработка математического аппарата программного продукта для определения оптимальных параметров системы управления асинхронным двигателем.*

**23.** 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 / Ю.Л. Жуковский, Н.И. Котелева, **Н.А. Королев**; правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». – № 2017614351; заявл. 27.02.2017; зарегистр. 12.04.2017; опубл. 12.04.2017– 2 с.

*Соискателем выполнена разработка математического аппарата программного продукта для имитации сигналов неисправного асинхронного двигателя в части вибраций и токов, для оценки уровней технического состояния.*

Апробация работы проведена на научно-практических мероприятиях с



докладами, где обсуждались основные положения и результаты исследований диссертационной работы:

1. Международный семинар «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2019» 24-25 апреля 2019 г., г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский горный университет;

2. Международная конференция «International Scientific Electric Power Conference «ISEPC-2019» 23-24 мая 2019 г., г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ);

3. Международная конференция «International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering «EECE-2019» 19-20 ноября 2019 г., г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ);

4. 74-ая Международная молодежная конференция «Нефть и газ 2020», 28 сентября – 02 октября 2020 г., г. Москва, РГУ Нефти и газа им. Губкина И.М.

В диссертации Королёва Николая Александровича отсутствуют достоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: генерального директора АО «СПИК СЗМА», к.т.н. **А.А. Нозика**; управляющего директора по региону «Северо-Запад» АО «Шнейдер Электрик», к.т.н. **Н.Ю. Картасиди**; инженера 2 кат. «ЦНИИ СЭТ» ФГУП «Крыловский государственный научный центр», к.т.н. **А.В. Федорова**; заведующего кафедрой автоматики и компьютерных технологий ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», к.т.н., доцента **В.С. Бочкова**; профессора кафедры горная электромеханика ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», д.т.н., доцента **А.В. Николаева**; профессора кафедры теоретической электротехники и электрификации нефтяной и газовой промышленности ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа» (НИУ) имени И.М. Губкина, д.т.н., профессора **М.С. Ершова** и заведующего той же кафедрой, к.т.н., доцента **А.Н. Комкова**; доцента кафедры «Электрические станции, подстанции и диагностика электрооборудования» ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» (ИГЭУ), к.т.н., доцента **А.А. Скоробогатова** и доцента той же кафедры, к.т.н. **Е.М. Новоселова**.

В отзывах дана положительная оценка выполненного исследования, отмечена актуальность темы диссертационной работы, степень проработки

проблемы, квалифицированный подход, современные методы и средства, применяемые при решении поставленных задач и практическую направленность исследования, однако имеется ряд вопросов и замечаний:

1. На чем основано условие – 80 Дб? (к.т.н. **А.А. Нозик**).

2. В автореферате идет речь о продолжительных режимах работы электропривода, а на рисунках 3 и 4 отражены только пуск и кратковременный участок работы стр. 12, 13. (к.т.н. **А.А. Нозик**).

3. В формуле 4 автореферата коэффициенты определяются в относительных единицах, а далее по тексту указаны конкретные значения в процентах. (к.т.н. **Н.Ю. Картасиди**).

4. В автореферате не показано влияние на энергетические характеристики электропривода. (к.т.н. **Н.Ю. Картасиди**).

5. В автореферате не поясняется принцип действия устройства на рисунке 13 (к.т.н. **Н.Ю. Картасиди**).

6. Следует пояснить, для какого инвертора справедлив диапазон (1-2,5) %, относящийся к составляющим суммарного коэффициента несинусоидальности тока (к.т.н. **А.В. Федоров**).

7. Пример какого именно дефекта изображен на рисунках 3б и 4б, а также каков период его проявления? (к.т.н. **А.В. Федоров**).

8. Рисунок 3 стр. 12 подпись над графиком «Коэффициент несинусоидальности», а в подрисуночной подписи указано, что это график изменения коэффициента искажения синусоидальности тока, в чем не соответствие? (к.т.н., доцент **В.С. Бочков**).

9. Пояснений требуют переменные входящие в состав формулы 5. (к.т.н., доцент **В.С. Бочков**).

10. Текст автореферата содержит ошибки стр. 10 «разработан алгоритмом идентификации дефектов», стр. 11 «наличия дефектов, определяется ка..», «интенсивность роста коэффициента искажения» (к.т.н., доцент **В.С. Бочков**).

11. По рис. 1 и рис. 13 (приложение, стр. 21) невозможно в полной мере разобраться с принципами работы алгоритма действия самого устройства. (д.т.н., доцент **А.В. Николаев**).

12. В автореферате (рисунки 7 и 8, приложение, стр. 22) не указан математический аппарат, на основе которого выполнено имитационное моделирование систем векторного и скалярного управления. Каким образом производилась проверка адекватности этих моделей? (д.т.н., доцент **А.В. Николаев**).

13. В конце второго абзаца на третьей странице автореферата говорится о том, что отсутствие методик оценки технического состояния приводит к ускоренному износу отдельных узлов автоматизированного электропривода в целом... Не понятно как отсутствие методик может ускорить износ? (д.т.н., профессор **М.С. Ершов**, к.т.н., доцент **А.Н. Комков**).

14. Чтобы не вносить дополнительных гармоник от преобразователя частоты, не проще ли диагностировать состояния двигателя проводить по спектру гармоник тока при его работе от сети через байпас, минуя преобразователь? (д.т.н., профессор **М.С. Ершов**, к.т.н., доцент **А.Н. Комков**).

15. В различных разделах автореферата дается ссылка на пороговые значения амплитуд гармонических составляющих, характерных для разных дефектов. Из автореферата не понятно, каким образом были определены эти пороговые значения и какова их величина. Для всех ли типов двигателей они одинаковы? (к.т.н., доцент **А.А. Скоробогатов**, к.т.н. **Е.М. Новоселов**).

16. На рисунке 14 смоделирована «несоосность» валов электродвигателя и рабочей машины, а не «эксцентриситет» воздушного зазора двигателя, как написано в автореферате. (к.т.н., доцент **А.А. Скоробогатов**, к.т.н. **Е.М. Новоселов**).

17. Не понятно, какое влияние по отдельности оказывает скалярная и векторная системы управления на процесс оценки технического состояния асинхронного электродвигателя? (к.т.н., доцент **А.А. Скоробогатов**, к.т.н. **Е.М. Новоселов**).

18. Возможна ли оценка технического состояния асинхронного электродвигателя при работе частотного преобразователя в режиме регулирования технологического параметра, когда частота преобразователя на выходе постоянно изменяется? (к.т.н., доцент **А.А. Скоробогатов**, к.т.н. **Е.М. Новоселов**).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований и публикаций по теме диссертационной работы и их компетенцией в данной области.

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

**разработаны** алгоритмы оценки технического состояния асинхронного автоматизированного электропривода с уровнями оценки сигналов, элементов, узлов, устройств и общего технического состояния;

**разработаны** способы и устройство оценки технического состояния автоматизированного электропривода с различными алгоритмами управления, отличающиеся алгоритмами анализа частотных составляющих и обобщенного вектора потребляемого тока;

**предложена** методика определения пороговых значений амплитуд частотных составляющих в спектре потребляемого асинхронным двигателем тока, характеризующих вид и уровень дефектов, а также влияние дефектов на энергетическую и механическую эффективность электропривода;

**доказана** необходимость в разработке, совершенствовании методов и средств идентификации неисправностей электротехнических комплексов с автоматизированным электроприводом, что позволит реализовывать точные системы прогнозирования технического состояния и оценки остаточного ресурса;

**доказано, что** косвенное вычисление фактического значения индуктивности намагничивания при продолжительных режимах работы электропривода способствует развитию средств коррекции системы управления.

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

**доказаны** научные положения, приносящие вклад в развитие и совершенствование методов идентификации неисправностей, оценки технического состояния и исследования функционирования и работоспособности электротехнических комплексов с электроприводом.

**применительно к проблематике диссертации результативно использованы** метод спектрального анализа потребляемого тока, методы теории электропривода и электрических вращающихся машин, методы численного и имитационного моделирования, данные лабораторных и промышленных экспериментов;

**изложена** идея совершенствования методов диагностики, включающая идентификацию вида и уровня дефекта с непрерывной оценкой технического состояния электропривода, а также определение энергетической и механической эффективности автоматизированного электропривода;

**раскрыты** основные проблемы технического несовершенства действующих методик или отсутствия унифицированных средств идентификации неисправностей узлов и устройств электропривода, заключающиеся в нарушении его устойчивости, энергоэффективности и работоспособности;

**изучены** аппаратные и программные средства и методы идентификации неисправностей, подходы к оценке технического состояния электропривода;

**проведено** численное и имитационное моделирование асинхронного электропривода со скалярной и векторной системами управления при изменении индуктивности цепи намагничивания.

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

**разработаны и внедрены** алгоритмы идентификации вида и уровня дефектов асинхронного двигателя по частотным составляющим спектра потребляемого тока;

**определены** перспективы практического применения результатов работы в проектах асинхронных электроприводов на предприятиях России;

**создан** лабораторный стенд автоматизированного электропривода с имитацией дефектов асинхронного двигателя и интегрированной системой оценки технического состояния в систему управления электропривода;

**представлены** рекомендации по поддержанию работоспособности автоматизированного электропривода и совершенствованию систем управления.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**экспериментальные результаты** исследований обоснованы нормами, точностью средств и методов измерений, выполненными на поверенном оборудовании.

**теория** построена на классических системах дифференциальных уравнений теории электропривода, проверенных численных и имитационных моделях.

**идея базируется** на результатах статистических данных отечественных и зарубежных промышленных предприятий по непредвиденной или аварийной остановке электроприводов;

**использованы** результаты отечественного и зарубежного опыта в применении спектрального анализа потребляемого тока, оценке технического состояния и ресурса автоматизированного электропривода;

**установлено** совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по теме данного исследования;

**использованы** современные методики сбора и обработки теоретических и экспериментальных данных, полученных в результате моделирования, лабораторных и промышленных экспериментов.

**Личный вклад соискателя** заключается в формулировке цели и задач исследования, выполнении обзора зарубежной и отечественной научной литературы, проведении анализа существующих методов идентификации дефектов и оценки технического состояния. Сформулированы и доказаны научные положения. Разработана методика определения пороговых значений частотных составляющих в спектре тока, потребляемого асинхронным двигателем, позволяющих оценить техническое состояние

автоматизированного электропривода с выявлением вида и уровня дефекта и оценкой энергоэффективности и работоспособности. Основные результаты диссертационной работы изложены в научных публикациях и представлены на конференциях.

В ходе защиты диссертации не были высказаны критические замечания.

Соискатель **Королёв Н.А.** ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 28 апреля 2022 года диссертационный совет принял решение присудить **Королёву Н.А.** ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи определения технического состояния автоматизированного электропривода с оценкой его энергетической и механической эффективности.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – нет, проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Шпенст Вадим Анатольевич

Коптева Александра Владимировна

28.04.2022 г.