

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 44.2.005.03,  
созданного на базе федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Ростовский государственный университет путей сообщения» (РОСЖЕЛДОР),  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  
аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 23.10.2023 № 14

О присуждении Мустафину Аделью Шамильевичу, Российская Федерация, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение энергетической эффективности грузовых электровозов семейства «Ермак» за счет комплекса инновационных технических решений при заводском ремонте» по специальности 2.9.3. Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация, принята к защите 30.06.2023 г. (протокол заседания № 11) диссертационным советом 44.2.005.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО РГУПС), РОСЖЕЛДОР, 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2., Приказ Минобрнауки РФ № 227/нк от 14.02.2023.

Соискатель Мустафин Адель Шамильевич, 3 июня 1981 г.р., в 2003 г. окончил Ростовский государственный университет путей сообщения с присуждением квалификации инженер путей сообщения-электромеханик по специальности «Электрический транспорт (железнодорожный транспорт)». В 2019 г. был прикреплен для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук без освоения программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация» (приказ №6034/л от 18.10.2019 г.). С 2022 г. обучается в аспирантуре ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения» по научной специальности 2.9.3. Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация. Работает в должности директора Ростовского-на-Дону электровозоремонтного завода – филиала АО «Желдорремаш» с 2017 г. по настоящее время и является внешним совместителем в должности доцента кафедры «Тяговый подвижной состав» ФГБОУ ВО РГУПС.

Диссертация выполнена на кафедре «Тяговый подвижной состав» ФГБОУ ВО РГУПС, РОСЖЕЛДОР.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Зарифьян Александр Александрович – профессор кафедры «Тяговый подвижной состав» ФГБОУ ВО РГУПС.

Официальные оппоненты: Шантаренко Сергей Георгиевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонт подвижного состава» ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения»; Шепелин Павел Викторович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Тяговый подвижной состав» ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения» – дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС), г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном Евстафьевым Андреем Михайловичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Электрическая тяга» ФГБОУ ВО ПГУПС; Кручком Виктором Александровичем, доктором технических наук, профессором кафедры «Электрическая тяга» ФГБОУ ВО ПГУПС, Цаплиным Алексеем Евгеньевичем, кандидатом технических наук, доцентом, ученым секретарем кафедры «Электрическая тяга» ФГБОУ ВО ПГУПС и утвержденном Титовой Тамилей Семеновной, доктором технических наук, профессором, первым проректором-проректором по научной работе указала, что диссертация Мустафина Аделя Шамильевича «Повышение энергетической эффективности грузовых электровозов семейства «Ермак» за счет комплекса инновационных технических решений при заводском ремонте» выполнена на высоком научном и практическом уровне, на актуальную тему и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые, научно обоснованные технические и технологические разработки, обеспечивающие решение важных задач в области повышения энергетической эффективности грузовых электровозов переменного тока семейства «Ермак» за счет комплекса инновационных технических решений при заводском ремонте. Диссертация отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Мустафин Адель Шамильевич заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.9.3. Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификации.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ общим объемом 12,3 п.л. (авторских - 8,7 п.л.), в том числе по теме диссертации опубликовано 14 работ, из них - 5 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 1 статья в журнале, входящем в международные базы цитирования (Scopus)). Все публикации достаточно полно отражают основные результаты исследований и посвящены различным аспектам проблемы повышения энергетической эффективности грузовых электровозов семейства «Ермак» за счет комплекса инновационных технических решений при заводском ремонте. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения в опубликованных соискателем работах, имеются ссылки на авторов и источники заимствования. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Зарифьян, А.А. Моделирование теплового режима тягового электрооборудования электровозов при наличии регулируемой принудительной вентиляции / А.А. Зарифьян, В.В. Михайлов, А.Ш. Мустафин, Н.Р. Тептиков // Электроника и электрооборудование транспорта – 2019. – № 3. – С. 17-21. – eLIBRARY ID: 38583544.

2. Зарифьян, А.А. Анализ использования мощности грузовых электровозов и возможность сокращения энергопотребления за счет модернизации при заводском ремонте / А.А. Зарифьян, А.Ш. Мустафин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения – 2021. – № 1(81). – С. 20-29. – eLIBRARY ID: 45411495.

3. Зарифьян, А.А. Изучение электромеханических процессов в коллекторном тяговом двигателе с учетом потерь / А.А. Зарифьян, А.Ш. Мустафин // Вестник Ростовско-

го государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 3. С.81-89. eLIBRARY ID: 46648168.

4. Мустафин, А.Ш. Повышение энергетической эффективности грузовых электровозов семейства «Ермак» путем модернизации при заводском ремонте // Бюллетень результатов научных исследований – 2022. – № 2 – С. 75 – 91. – DOI: 10.20295/2223-9987-2022-2-75-91.

5. Мустафин, А.Ш. Особенности практической реализации энергосберегающих алгоритмов управления коллекторным тяговым приводом грузовых электровозов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 2. – С. 29–41. – DOI 10.46973/0201–727X\_2022\_2\_29

6. Mustafin, A. Capacity utilization level of freight electric locomotives and evaluation of expenses reduction on consumed energy due to modernization / A. Mustafin, A. Shapshal, E. Valentseva, A. Zarifyan // Transport problems – 2021. №4. С.5-14. DOI: 10.21307/tp-2021-055

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы:**

– **ведущей организации** – ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС). Отзыв положительный. Замечания: **1.** В работе недостаточно полно раскрыто, какие имеются перспективы реализации предлагаемых соискателем технических решений по повышению энергетической эффективности. Возможно ли их применение не только при ремонте уже находящихся в эксплуатации электровозов, но и при производстве новых? **2.** Каким образом проводилась проверка предложений по применению электропроводящей смазки в коллекторно-щеточном узле тяговых электродвигателей (гл.5) в условиях эксплуатации? **3.** В главе 4 диссертации имеется схема регулируемой системы вентиляции, предусматривающая двухскоростной режим работы мотор-вентиляторов. Не будет ли рациональнее установка с плавным регулированием скорости работы мотор-вентиляторов на базе вспомогательного частотного преобразователя? **4.** Возможно ли применение в учебном процессе отраслевых вузов комплекса программно-аппаратного моделирования (гл. 6 диссертации) для исследования работы электровоза в энергоэффективном режиме? **5.** По тексту имеются орфографические ошибки, некорректное оформление графического материала и т.п.

– **официального оппонента** – д.т.н., доцента **Шантаренко Сергея Георгиевича**, профессора кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонт подвижного состава» ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения», Отзыв положительный. Замечания: **1.** В диссертации рассматривается вопрос повышения энергетической эффективности грузовых электровозов переменного тока с коллекторными ТЭД. Имеется ли возможность использования предлагаемой технологии для электровозов постоянного тока? **2.** Каковы основные требования, обеспечивающие отсутствие повреждений коллекторно-щеточного узла ТЭД при его выводе из тяги при реализации энергоэффективного режима? Обеспечивается ли надёжность последующей работы тяговых электродвигателей? **3.** В четвертой главе предлагается схема регулируемой системы вентиляции, предусматривающая двухскоростной режим работы мотор-вентиляторов. При этом соискатель не рассмотрел возможность применения со-

временного преобразователя собственных нужд на транзисторной элементной базе, позволяющего плавно регулировать частоту питания асинхронных мотор-вентиляторов. **4.** Имеется ли практический опыт применения электропроводящей смазки, предлагаемой в пятой главе? Каковы результаты. **5.** Структура и содержание введения диссертации и раздела «Общая характеристика работы» автореферата не в полной мере соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Согласно ГОСТу, в структуре не требуются такие разделы как «Предмет исследования» и «Соответствие диссертации паспорту научной специальности». Тем более, что приведенное в качестве предмета исследования «... изучение возможностей повышения энергетической эффективности ...» не может быть таковым по заявленной научной специальности 2.9.3. Перечень использованных источников составлен с нарушениями требований ГОСТ Р 7.0.100-2018. **6.** В заключении явно не представлены «новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны», что должно быть в кандидатской диссертации по техническим наукам. **7.** Удельный расход электрической энергии, взятый в диссертации в качестве показателя энергоэффективности электровозов, больше подходит для определения эффективности расходования ТЭР на тягу поездов, оценки энергоэффективности перевозочного процесса или работы депо, участка или железной дороги в целом. Распоряжением ОАО «РЖД» № 2625/р от 23 декабря 2016 г. была утверждена «Методика расчета показателя энергоэффективности локомотива для оценки качества ремонта электровоза», в которой в качестве показателя энергоэффективности электровоза (ПЭЛэл) принято отношение экспериментально-расчетного коэффициента полезного действия, полученного по результатам расчета прогнозируемых дополнительных потерь мощности в узлах и агрегатах электровоза, определяемых на основе их технических параметров в результате выполненного ремонта, к контрольно-расчетному КПД, принятому по паспортным данным электровоза данной серии. Ведь именно КПД является самой объективной оценкой энергоэффективности электровоза. Почему этот показатель не принят в диссертации? **8.** Имеется ряд небольших замечаний по оформлению, орфографии и т.п. Например: в автореферате на рисунке 1 схема не читается (очень мелко), а на рисунке 2 отсутствуют обозначения осей координат.

– **официального оппонента** – к.т.н., доцента **Шепелина Павла Викторовича**, доцента кафедры «Тяговый подвижной состав» ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения». Отзыв положительный. Замечания: **1.** По автореферату - стр.5 п.1, по диссертации - стр.9 фактически входит в состав п. 3. По моему мнению, его (п.1) следует исключить или уточнить в п. 3. **2.** По автореферату - стр. 9 (глава 2), по диссертации (глава 2) автор не рассматривает такой фактор, как наличие большого количества высших гармоник, заметно влияющих на механическую работу ТЭД и возникающих при работе преобразователя ВИП-4000м, построенном на базе 4-х зонного фазового регулирования. Автор утверждает, что он не требует замены, однако известно, что эти гармоники заметно снижают ресурс не только ТЭД, но и простых по механике асинхронных вспомогательных машин, которыми оснащены все выпускаемые на данный момент серии электровозов. Поэтому асинхронный привод использует не фазное, а импульсное высокочастотное регулирование, фактически нейтрализующее

высшие гармоники. Поэтому переход на алгоритмы ДАУ будет малоэффективным, если не произвести замену преобразователя ВИП-4000м с фазным регулированием на преобразователь 4qS с импульсным регулированием. **3.** По автореферату - п.3 стр.8, диссертация стр.111 (глава 4) не понятно, почему автор предлагает 2-хскоростной режим работы вентиляторов, в отличии от постоянно изменяющегося в зависимости от температуры ТЭД режима охлаждения. Это тоже существенный фактор энергосбережения, который широко используется, но отвергается автором. **4.** По автореферату - стр.10 и п.5 на стр.21, по диссертации (глава 2). Автор предлагает перенос системы ДАУ с электровозов «Атаман» с асинхронным тяговым приводом на электровозы «Ермак» с коллекторным двигателем. Данный переход может оказаться дорогим и не всегда работоспособным, т.е. нейтрализовать выгоды от энергоэффективности. Во-первых, требуется пересмотр всех алгоритмов. Во-вторых, асинхронные тяговые двигатели имеют простейшую механику, фактически не подлежащую наблюдению и ТО на пробег 1 млн км и более. Иными словами, алгоритмы ДАУ для асинхронных двигателей долгое время остаются постоянными без каких-либо коррекций. Это невозможно в системах коллекторных двигателей, т.к. это сложная электромеханическая система зависит прежде всего от трудно контролируемого состояния коллекторно-щеточного узла. Присутствуют и субъективные факторы - соблюдение технологии ремонта и частое ТО коллекторно-щеточного узла. Все эти факторы в условиях эксплуатации в любой момент времени введут «в заблуждение» или вообще отключат ДАУ, т.к. получаемые для ДАУ от ТЭД значения токов и напряжений будут часто оказываться за пределами допустимости. **5.** Некоторые пункты научной новизны соответствуют пункту практическая ценность, в частности: - Разработана функциональная схема регулируемой системы вентиляции, предусматривающая двухскоростной режим: а) с номинальной скоростью, и б) с пониженной скоростью вращения вентилятора. При этом вентиляция работающих ТЭД осуществляется в полном объеме, а для отключенных обеспечивается около трети номинальной подачи, чтобы обеспечить необходимое давление воздуха в корпусах двигателей; - Создан стенд (программно-аппаратный симулятор), предназначенный для имитационного моделирования процессов управления многодвигательным тяговым приводом электровоза.

**6.** Пояснить результаты исследования процессов в основных элементах тяговой системы электровозов «Ермак» (трансформатор, выпрямительно-инверторный преобразователь, сглаживающий реактор, ТЭД), указанные в п.1 научной новизны, в тексте автореферата представлена только компьютерная модель электромеханических процессов в ТЭД с учетом потерь. **7.** В тексте автореферата отсутствуют заявленные на стр. 14: модель тепловых режимов элементов тяговой цепи электровоза на основе уравнения теплового баланса; методика определения текущей температуры перегрева силовых элементов тяговой цепи вследствие изменения тока якоря и производительности вентиляторов; функциональная схема регулируемой системы вентиляции, предусматривающая двухскоростной режим: с номинальной скоростью и с пониженной скоростью вращения мотор-вентиляторов. **8.** В тексте автореферата не представлено описание алгоритма энергоэффективного управления ДАУ, представляющего собой элемент искусственного интеллекта в системе управления тяговой единицей. Не представ-

лена компьютерная модель для получения результатов управления, при использовании данного алгоритма, а также не представлены данные по сходимости результатов и способ их получения. **9.** По автореферату: на стр. 7 практическая ценность, по диссертации стр.12: не совсем понятна часть фразы «180 оборотов локомотива в год», ее смысл становится более понятным на стр.13, т.е. при работе на указанной линии с указанной интенсивностью оборота локомотива. **10.** По автореферату: положение, выносимое на защиту №3 (стр.8) - не понятно, где схема или алгоритм, в главе 4 ее нет. По диссертации (глава 4) - как и чем при переводе на пониженную частоту осуществляется контроль температуры. Также в автореферате не представлена модель тепловых режимов, методика определения перегрева (стр.14, пункт № 7 стр.21). **11.** По автореферату - положение, выносимое на защиту №6 (стр.8), по диссертации стр. 128-131 (глава 5) - не ясна степень влияния предлагаемой смазки на уменьшение повреждений, как и чем это подтверждается. Не указано, чем предлагаемый вариант отличается от прототипа (состав, характеристики, эффективность). Что такое нормальные условия для КЩУ (стр. 16)? **12.** По автореферату - последний абзац стр.11 (рис.2), по диссертации стр. 94 (рис.2.23, 2.24) - не совсем прослеживаются указанные величины мощности и КИМ, необходимо выделить значения или указать диапазон, обозначить оси на данном рисунке. **13.** Не указаны критерии работы в режиме неполной нагрузки при отключении ТЭД (проценты или значения), последовательность отключения, порядковый номер и число отключаемых ТЭД для различных режимов и условий движения, одного значения параметра КИМ достаточно (почем) значение 0,45, нужно обосновать)? **14.** По автореферату (стр. 13), по диссертации (главы 3.2.1, 3.2.2) - почему для третьей главы были выбраны массы поездов 6300 и 1750 т, были расчеты только для этих значений? Результаты показаны для одного участка, как они изменятся для других вариантов профиля? Какие факторы будут влиять на использование мощности в энергоэффективном режиме? Какова погрешность расчетов? **15.** По автореферату (стр.13), по диссертации стр. 108 - представленные экономические данные по третьей главе отражают только энергоэффективный режим (не учитывают технические решения по следующим главам)? **16.** На базе какого программного обеспечения реализована модель электромеханических процессов в симуляторе (по диссертации - глава 6) Для чего нужна плата микроконтроллера? Каков алгоритм работы симулятора, как задается число работающих двигателей при помощи алгоритмов искусственного интеллекта или джойстиком? При практической реализации каковы временные рамки регулирования процесса для системы управления и объекта управления (ТЭД), какие критерии и интервалы времени нужны системе для отключения и включения ТЭД сточки зрения обеспечения энергоэффективности? **17.** По автореферату - пункт 4 (стр.20), по диссертации пункт 4 (стр.148) - процент совпадения или погрешность необходимо указать. **18.** По автореферату - пункт 8 (стр.20), по диссертации пункт 8 (стр.149) - какие показатели, характеризующие надежность КЩУ ТЭД, были рассмотрены? Как это осуществлялось? Где численные результаты?

**На автореферат поступило 10 отзывов. Все отзывы положительные.**

**1.** Отзыв Худоногова Анатолия Михайловича, д.т.н., профессора кафедры «Электроподвижной состав» ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет

путей сообщения» и **Дульского Евгения Юрьевича**, к.т.н., доцента кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» ФГБОУ ВО ИрГУПС. Замечание: не ясно, может ли предлагаемый подход к повышению энергетической эффективности грузовых электровозов переменного тока быть применён на других типах ЭПС.

**2. Отзыв Лобова Бориса Николаевича**, д.т.н., профессора кафедры «Электромеханика и электрические аппараты» ФГБОУ ВО «Южно-российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова». Замечания: **1.** На схеме рис. 1 – Модель для исследования электромеханических процессов в ТЭД с учетом потерь – слишком мелкий шрифт, что делает его нечитабельным. **2.** На с. 13-14 автореферата построена модель тепловых режимов элементов тяговой цепи электровоза на основе уравнения теплового баланса, однако в отсутствуют какие-либо расчетные соотношения. **3.** Имеется ряд замечаний по оформлению текста и графического материала.

**3. Отзыв Паламарчука Николая Владимировича**, д.т.н., профессора, заведующего кафедрой «Подвижной состав железных дорог» ФГБОУ ВО «Донецкий институт железнодорожного транспорта». Замечания: **1.** На рисунке 1 отсутствует расшифровка обозначений. **2.** Не раскрыт состав предлагаемой электропроводящей смазки для КЩУ.

**4. Отзыв Попова Юрия Ивановича**, к.т.н., директора Проектно-конструкторского бюро локомотивного хозяйства – филиала ОАО «РЖД». Замечания: **1.** В автореферате ... указано, что описываемые инновационные технические решения рекомендованы при проведении модернизации электровозов семейства «Ермак» в ходе заводского ремонта. Согласно ГОСТ 34961-2023 «Система разработки и постановки продукции на производство. Тяговый подвижной состав. Критерии и порядок проведения работ по модернизации, модификации и совершенствованию», утвержденному Приказом Росстандарта от 10.07.2023 № 492-ст и вступающему в силу с 01.12.2023 данное решение целесообразно отнести к совершенствованию, поскольку описываемый в автореферате комплекс работ не требует замены его составных частей на более совершенные, не будет нарушена взаимозаменяемость с его основными составными частями и после заводского вида ремонта новое обозначение локомотиву присвоено не будет. Кроме того, в соответствии с п.9.4-9.5 ГОСТ 15.902 2014 «Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). Железнодорожный подвижной состав. Порядок разработки и постановки на производство» модернизация проводится по правилам разработки новой продукции, в том числе с последующей ее постановкой на производство и проведением подтверждения соответствия этой продукции на соответствие требованиям ТР ТС 001/2011 Технического регламента таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава». **2.** На стр. 21 говорится: «предложены варианты подключения ТЭД и другого силового и вспомогательного оборудования при работе электровоза в энергоэффективном режиме», однако в автореферате об этом нет никакой информации. **3.** На стр. 11-12 показана зависимость КПД двигателя от потребляемой мощности. Как правило, такого рода кривые представляют вид КПД от полезной мощности. **4.** Имеются замечания по оформлению графического материала.

**5. Отзыв Киреева Александра Владимировича**, к.т.н., доцента, генерального директора АО «Научно-технический центр «ПРИВОД-Н». Замечания: **1.** Из автореферата

неясно, каким образом учитывалось насыщение в магнитопроводе двигателя при разработке компьютерной модели. **2.** Следовало указать, при какой частоте вращения якоря определена зависимость КПД двигателя от потребляемой мощности (рис.2). Например, КПД равный 0,68, получен при входной мощности 11 кВт, а какая частота вращения якоря?

**6. Отзыв Смирнова Валентина Петровича**, д.т.н., доцента, профессора кафедры «Тяговый подвижной состав» ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ))». Замечания: **1.** Из автореферата не ясно, может ли предлагаемый метод повышения энергетической эффективности быть реализован на других сериях магистральных электровозов? **2.** В автореферате отсутствует подробное описание компьютерной модели, выполненной в программном комплексе «Универсальный механизм». **3.** Имеются замечания к качеству графической части.

**7. Отзыв Гершмана Иосифа Сергеевича**, д.т.н., главного научного сотрудника научного центра «Электроснабжение и теплоэнергетика» АО «ВНИИЖТ». Замечания: **1.** В п. 8 заключения сказано, что «... предложены варианты подключения ТЭД и другого силового и вспомогательного оборудования при работе электровоза в энергоэффективном режиме». Но в автореферате нет информации. **2.** На с.11-12 в табл. 1 и рис. 2 приведены зависимости КПД от потребляемой мощности. Обычно дают зависимость КПД от полезной мощности. **3.** Имеются замечания по оформлению графического материала.

**8. Отзыв Френкеля Семёна Яковлевича**, к.т.н., заведующего кафедрой «Локомотивы» Учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта», Республика Беларусь, г. Гомель. Замечания: **1.** Между уравнениями (2) - (8) и моделью для исследования электромеханических процессов в ТЭД с учетом потерь на рисунке 1 не указано подробное соответствие. **2.** К рис. 6, 7 и 8 также отсутствуют подробные пояснения. **3.** Имеются отдельные орфографические ошибки и несогласованные предложения.

**9. Отзыв Лакина Игоря Капитоновича**, д.т.н., профессора, начальника ситуационно-аналитического центра мониторинга и реагирования Дирекции по контролю качества эксплуатации подвижного состава АО «Трансмашхолдинг». Замечания: **1.** На стр. 6 автореферата разделы «научная новизна» и «теоретическая значимость» объединены в один, что неправильно. **2.** Несмотря на в целом хорошее оформление, имеются отдельные замечания. Есть орфографические ошибки. После «млн» точка не ставится, а после «руб.» ставится. Автор разработал метод, а не «методологию», правильно писать «из 121 [наименования]», вместо термина «коллекторные тяговые двигатели» правильней использовать термин «тяговые двигатели пульсирующего (постоянного) тока», «Получено, что общий характер ...», «Поставим задачу ...» (кто «мы»), «потребляемой мощности» (потребляют электроэнергию, мощность развивают).

**10. Отзыв Евченко Игоря Валерьевича**, к.т.н., заместителя начальника 5 кафедры (военных сообщений) Военного института (Железнодорожных войск и военных сообщений) федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военная академия материально-технического обеспече-



ния имени генерала армии А.В. Хрулева» Министерства обороны Российской Федерации. Замечаний нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации, согласно «Положению о присуждении ученых степеней», обоснован проводимыми ими исследованиями в рассматриваемой области, а также их причастностью к специальности, по которой проходит защита диссертации, наличием соответствующих ученых степеней, наличием опубликованных научных трудов, наличием опыта работы в области электрического подвижного состава железнодорожного транспорта и подготовки научных кадров.

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

– **разработан** комплекс научно обоснованных технических решений по модернизации многодвигательного тягового привода грузовых электровозов семейства «Ермак» в ходе заводского ремонта, направленных на повышение энергетической эффективности, за счет сокращения удельного расхода электроэнергии в режиме тяги и обеспечения надежности и работоспособности коллекторных тяговых двигателей;

– **предложены** варианты подключения тяговых электродвигателей и другого силового и вспомогательного оборудования при работе электровоза в энергоэффективном режиме, на основе построенной компьютерной модели процессов в пакете *SimInTech*;

– **доказана** возможность обеспечения надежности и работоспособности коллекторно-щеточного узла (КЩУ) ТЭД при работе в энергоэффективном режиме за счет применения электропроводящей смазки.

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

– **доказана** методика повышения энергетической эффективности грузовых электровозов семейства «Ермак», основанная на применении комплекса предлагаемых технических решений;

– **применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)** использованы методы следующих научных дисциплин: теории электрических цепей (дифференциально-алгебраические уравнения процессов в силовой цепи); динамики твердого тела (дифференциальное уравнение вращательного движения якоря ТЭД); статистической обработки больших массивов экспериментальных данных (оценка энергопотребления грузовых электровозов в условиях эксплуатации); моделирования теплового режима ТЭД (при рассмотрении работы регулируемой вентиляции); трибологии (обоснование целесообразности применения электропроводящей смазки в КЩУ); программно-аппаратного моделирования для исследования работы ТЭД в штатном и энергоэффективном режимах;

– **изложены** доказательства работы электровозов с частичной нагрузкой в процессе эксплуатации;

– **раскрыты** особенности теплового режима тягового электрооборудования электровозов при наличии регулируемой принудительной вентиляции;

- **изучен** вопрос обеспечения надежности и работоспособности коллекторно-щеточного узла ТЭД при работе в энергоэффективном режиме за счет применения электропроводящей смазки;

- **проведена модернизация** алгоритма энергоэффективного управления тяговым приводом применительно к электровозам с коллекторными тяговыми двигателями.

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

- **разработаны и внедрены:** предложенные научно обоснованные технические решения прошли апробацию в ходе проведения опытных работ на полигоне Северо-Кавказской железной дороги и позволяют сократить удельный расход электрической энергии электровозами серии 2(3, 4)ЭС5К на 3...5 % в режиме тяги;

- **определены** перспективы практического использования предложенных технических решений совместно с производителями локомотивов и проработан вопрос внедрения и тиражирования на эксплуатируемом подвижном составе алгоритмов снижения расхода энергетических ресурсов за счет адаптивного управления тяговыми электродвигателями;

- **создан** программно-аппаратный симулятор тягового электропривода, при помощи которого определены и изучены варианты подключения ТЭД и другого силового и вспомогательного оборудования при работе электровоза в энергоэффективном режиме;

- **представлены** рекомендации и перспективы дальнейших исследований по повышению энергетической эффективности для других серий находящихся в эксплуатации магистральных электровозов с коллекторными тяговыми электродвигателями; предложения по обеспечению надежности и работоспособности коллекторно-щеточного узла для тяговых двигателей и тяговых генераторов постоянного тока тепловозов.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- **для экспериментальных работ** – результаты получены с использованием записей бортовых регистраторов электровозов (анализ использования установленной мощности и энергопотребления грузовых электровозов при работе в реальных условиях), а также при испытаниях на компьютеризованном нагрузочном стенде (изучение работы щеток с электропроводящей смазкой). Использованы сертифицированные средства обработки больших массивов экспериментальных данных;

- **теория** построена на проверенных данных и фактах, согласуется с ранее опубликованными источниками по теме диссертации;

- **идея базируется** на анализе специфики работы отечественных железных дорог с грузовыми поездами без реформирования на определённых маршрутах, на публикациях в отраслевой литературе по многодвигательному тяговому приводу электровозов, на результатах обсуждений с учеными и специалистами профильных организаций;

- **использованы** результаты, полученные при реальных поездках грузовых поездов ОАО «РЖД», с которыми сопоставлялись данные расчетов автора;

- **установлено** качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, полученными в реальных условиях эксплуатации грузовых электровозов;

– **использованы** современные апробированные методики сбора и обработки исходной информации для расчетов, связанных с повышением энергетической эффективности локомотивной тяги.

**Личный вклад соискателя** в получении основных научных результатов состоит:

– в анализе отечественного и зарубежного опыта повышения энергетической эффективности электровозов в режиме тяги и в выборе направления исследований;

– в исследовании электромеханических процессов в основных элементах тяговой системы электровозов «Ермак» и в полученных закономерностях изменения энергетической эффективности этих элементов при работе в различных режимах. В итоге создана основа для применения алгоритма дискретно-адаптивного управления на этом электровозе;

– в построении компьютерной модели электромеханических процессов в ТЭД с учетом потерь и в получении результатов моделирования, достоверность которых подтверждена путем сопоставления с экспериментальными данными;

– в установлении закономерностей изменения коэффициента использования мощности и коэффициента полезного действия тягового двигателя в зависимости от потребляемой мощности, что позволяет применять алгоритм дискретно-адаптивного управления при модернизации электровозов;

– в разработке технологии применения электропроводящей смазки коллекторно-щёточного узла, что позволяет избежать повреждений коллекторных ТЭД при их отключении.

**В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания:** какие имеются перспективы реализации предлагаемых технических решений; возможно ли применение в учебном процессе предлагаемого программно-аппаратного комплекса; почему не рассмотрена возможность применения преобразователя собственных нужд на транзисторах с плавным регулированием; есть ли различие между понятием «энергетическая эффективность» и КПД?

**Соискатель Мустафин А.Ш. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию** сказав, что имеется поддержка со стороны ОАО «РЖД», согласованы программы и методики испытаний для внедрения технических решений; возможно внедрение программно-аппаратного комплекса в учебном процессе кафедры «Тяговый подвижной состав»; предлагается двухскоростной режим работы мотор-вентиляторов, что сопрягается с энергоэффективным управлением тяговым двигателем; в принципе, эти понятия совпадают – это отношение полезной механической работы к потребленной электрической энергии.

**Диссертация охватывает** в полном объеме вопросы поставленных задач, обладает внутренним единством, что подтверждается корректной постановкой цели и задач исследований, содержит новые научные результаты, а также свидетельства личного вклада автора в науку. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На заседании «23» октября 2023 года диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические решения и разработки, направленные на модернизацию многодвигательного тягового привода грузовых электровозов переменного тока в ходе заводского ремонта, обеспечивающие повышение их энергетической эффективности и имеющие существенное значение для развития транспортной отрасли страны, присудить Мустафину А.Ш. ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.9.3. Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 7 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 12, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного  
совета 44.2.005.03  
д.т.н., профессор, академик РАН



Колесников Владимир Иванович

Ученый секретарь диссертационного  
совета 44.2.005.03  
д.т.н., профессор

Финоченко Виктор Анатольевич

«23» октября 2023 г.