

ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н., профессора Гордеева Игоря Петровича
на диссертационную работу

Гребенникова Николая Вячеславовича

«НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОНОМНЫХ ЛОКОМОТИВОВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ МОЩНОСТИ»,

представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по
специальности 2.9.3 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и
электрификация»

1. Актуальность избранной темы

Вопросы повышения энергетической эффективности автономных локомотивов являются важными для непрерывного и устойчивого развития железнодорожного транспорта.

С точки зрения научных исследований, повышение энергетической эффективности локомотивов представляет собой многогранный и многопараметрический вопрос, включающий в себя анализ и оптимизацию таких ключевых аспектов, как конструкция двигателей внутреннего сгорания, электрической передачи мощности, системы и алгоритмы управления, технологии рекуперации энергии торможения, аэродинамические характеристики и другие. Научные исследования в данной области направлены на выявление оптимальных методов снижения потерь энергии в процессе передачи и преобразования, а также на разработку инновационных подходов к управлению тяговым и вспомогательным оборудованием локомотивов.

Стратегия научно-технологического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года (Белая книга) предусматривает разработку и создание новых локомотивов с высокими тягово-энергетическими характеристиками (повышение тяговых свойств на 10 – 15 %; снижение затрат на электроэнергию и дизельное топливо в среднем на 10 %; повышение эксплуатационного коэффициента полезного действия локомотива).

Таким образом, актуальность темы диссертационной работы Гребенникова Н.В. является неоспоримой, и исследования в данной области имеют значимое научное, практическое и социальное значение для современного железнодорожного транспорта.

2. Степень обоснованности научных положений, результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Автор провел обширный анализ актуальных научных источников, что позволило сопоставить проведенные исследования с учетом предыдущих работ и результатов в данной области.

Применение различных методов, таких как теория локомотивной тяги, теория электрических цепей, теория электромеханического преобразования

энергии, теория электромагнитных полей, теория тепловых полей, метод конечных элементов, структурный анализ и имитационное компьютерное моделирование демонстрирует глубокое понимание предметной области и обширный аналитический инструментарий, используемый для подтверждения и анализа научных утверждений.

Результаты проведённых экспериментальных исследований соответствуют результатам теоретических исследований и выводов, представленных в диссертации. Использование современного сертифицированного и поверенного оборудования обеспечивает надежность экспериментальных результатов.

Использование программных комплексов, таких как MATLAB/Simulink, FEMM и «Универсальный механизм» для разработки компьютерных моделей усиливает обоснованность и наглядность полученных результатов, позволяя проводить виртуальные эксперименты и анализировать различные алгоритмы и сценарии.

3. Достоверность и научная новизна исследований и полученных результатов

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений, поскольку она обеспечена большим экспериментальным материалом, широко использованы современные средства и методы исследований, соответствием полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Результаты исследований обсуждены на многочисленных научных конференциях и симпозиумах в России и за рубежом. По теме диссертации опубликовано 53 печатные работы, в том числе 21 в журналах из перечня ВАК Минобрнауки России и 15 в изданиях Web of Science и Scopus, 1 монография и 4 патента.

Наличие патентов указывают на практическую ценность и новизну результатов. Результаты диссертационного исследования нашли практическое применение в организациях (ОАО «РЖД», АО «Научно-технический центр «ПРИВОД-Н», АО «ЕВРАЗ НТМК»), что также подтверждает их достоверность и научную значимость.

Научная новизна исследований и полученных результатов, заключается в:

- разработке новой методологии оценки энергетической эффективности эксплуатации автономных локомотивов с электрической передачей мощности по данным встроенных средств регистрации параметров бортовых систем автономных локомотивов, которая может быть использована для комплексной оценки энергоэффективности эксплуатируемого парка локомотивов;

- разработке математических моделей процессов преобразования энергии в тяговом оборудовании локомотива, основанных на энергетическом подходе и пересчете паспортных технических характеристик, что способствует сокращению затрат времени для проведения расчетов, которые могут использоваться в системах управления локомотивов;

- разработке концепции повышения энергетической эффективности эксплуатации автономных локомотивов, на основе принципа масштабируемости используемого тягового оборудования, которая обеспечивает повышение эксплуатационного коэффициента полезного действия локомотива и снижение затрат на дизельное топливо;

- впервые предложено использовать метод конечных элементов для проведения тяговых расчетов, что способствует развитию методов и способов для реализации управления локомотивом в полностью автоматическом режиме с повышением уровня безопасности движения поездов;

- разработке комплексной компьютерной модели автономного локомотива с электрической передачей мощности и с модульной структурой тягового оборудования на базе синтеза программных комплексов, позволяющая проводить теоретические исследования режимов работы тягового оборудования с оценкой энергетической эффективности процессов преобразования энергии.

4. Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

1. Предложен новый научно обоснованный метод проведения анализа энергетической эффективности автономного тягового подвижного состава в условиях эксплуатации по данным средств регистрации параметров, позволяющий проводить оценку и управление энергетической эффективностью автономных локомотивов, в том числе и перспективных, в реальном времени, при ведении поезда.

2. Проведенный анализ энергетической эффективности автономных локомотивов в условиях реальной эксплуатации, на основе интеллектуальной обработки данных, встроенных средств регистрации параметров бортовых систем локомотивов, показал низкую эффективность работы тягового оборудования в условиях эксплуатации для различного рода службы локомотивов.

3. Разработаны математические модели процессов преобразования энергии в тяговом оборудовании локомотива, основанные на энергетическом подходе и пересчете паспортных технических характеристик, которые повышают точность и быстроту расчетов, что позволяет их использовать в системах управления реального времени.

4. Предложен коэффициент эффективности использования тягового оборудования, предназначенный для сопоставления энергоэффективности различных режимов эксплуатации тягового оборудования автономных локомотивов.

5. Дополнены научные основы повышения энергоэффективности локомотивов с электрической передачей мощности, в части разработки новых методов и концепции масштабируемости используемого тягового оборудования автономного локомотива в зависимости от условий эксплуатации, за счет снижения потерь при преобразовании энергии в тяговом оборудовании, что позволяет снизить затраты на энергоресурсы в процессе

эксплуатации и сократить количество отказов дизель-генераторной установки из-за длительной работы на холостом ходу не только во время стоянок, но и во время движения.

6. Усовершенствован метод проведения тяговых расчетов, что обеспечивает выполнение оптимальных тяговых расчетов с повышенной точностью, при существенном сокращении временных и вычислительных затрат.

7. Применение разработанной комплексной компьютерной модели автономного локомотива с электрической передачей мощности с модульной структурой тягового оборудования позволяет проводить исследования режимов работы и энергетической эффективности локомотивов на стадиях проектирования, модернизации и испытаний с целью определения алгоритмов управления для условий эксплуатации.

8. Теоретические и экспериментальные результаты диссертационного исследования нашли практическое применение при разработке тягового электрооборудования электрической передачи мощности автономных локомотивов.

9. Результаты использованы при модернизации тягового привода маневрового тепловоза серии ТГМ6А, что позволило получить высокие тягово-энергетические характеристики модернизированного тепловоза ТЭМП-1тт.

5. Оценка содержания диссертации, её завершенность

Диссертационная работа включает введение, основную часть, представленную шестью главами, заключение и список литературы из 212 наименований и одно приложение. Общий объем работы составляет 363 страницы.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы, приведена степень разработанности темы исследования.

В первой главе выполнен обзор исследований и литературных источников в области повышения энергоэффективности локомотивов. Показано, что при повышении секционной мощности локомотивов возникает проблема полного использования мощности, что особенно актуально с учетом специфики работы железнодорожного транспорта, когда в одном направлении преобладают тяжеловесные поезда, а в обратном – порожние. Рассмотрено, что существующие энергетические показатели для автономных локомотивов ориентированы на номинальные режимы работы, в то время как в эксплуатации локомотивы работают с низким значением коэффициента использования мощности.

Во второй главе рассмотрен процесс преобразования энергии в автономных локомотивах, представлен метод определения потерь в тяговом оборудовании локомотива с учетом реализуемой мощности. Для сопоставления эффективности преобразования энергии в тяговом оборудовании в режимах отличных от номинального предлагается

использовать коэффициент эффективности использования (КЭИ) оборудования. Разработана методология оценки энергетической эффективности автономных локомотивов по данным бортовых регистраторов, что позволяет аналитически определить коэффициент полезного действия тягового оборудования локомотива в условиях эксплуатации. Проведен анализ энергетической эффективности локомотивов разного рода службы и с различными вариантами исполнения электрической передачи мощности. Выявлена качественная закономерность увеличения энергетической эффективности тягового оборудования при увеличении коэффициента использования мощности локомотива.

В третьей главе проведены исследования направленные на повышение энергетической эффективности автономных локомотивов.

Результаты проведенных исследований по данным бортовых регистраторов магистральных локомотивов показали, что более 48 % времени в движении коэффициент полезного использования мощности составляет до 25 %.

Разработаны методы и концепция повышения энергетической эффективности локомотивов за счет применения бесколлекторных электрических машин и двухуровневого дискретно-адаптивного управления модульной структурой тягового оборудования с возможностью отключения неиспользуемого оборудования в процессе эксплуатации локомотива.

Предложено использовать метод конечных элементов, получивший широкое распространение в различных областях науки, для проведения тяговых расчетов, что позволит усовершенствовать проведение расчетов с учетом управления энергетической эффективностью локомотива.

В четвертой главе разработана комплексная компьютерная модель (в программных комплексах «Универсальный механизм», MATLAB/Simulink и FEMM) тягового модуля передачи мощности автономного локомотива, которая позволяет проводить исследования электромеханических процессов и энергоэффективности для различных режимов, которые характерны для условий эксплуатации локомотивов. Проведены теоретические исследования режимов работы макетов тяговых электрических машин, определены параметры управления бесколлекторным тяговым приводом, обеспечивающие условия эффективности процессов электромеханического преобразования энергии.

В пятой главе разработан макет тягового модуля электрической передачи мощности, представлены результаты экспериментальных исследований макета тягового модуля электрической передачи мощности. Проведен анализ и сопоставление результатов расчетов на компьютерной модели и результатов экспериментальных исследований, который показал хорошую сходимость полученных результатов. Экспериментально подтверждены зависимости параметров энергоэффективного управления для различных частот вращения и соответствие предлагаемых решений мировым тенденциям.

В шестой главе приведены результаты разработки и исследований энергоэффективных электрических передач мощности с бесколлекторными электрическими машинами предназначенных для маневровых локомотивов. Представлена конструкция и технические характеристики тягового оборудования предназначенного для модернизации локомотивов. Показана применимость концепции при модернизации тепловоза ТГМ6А. Приведены результаты стендовых испытаний комплекта тягового электрооборудования электрической передачи мощности тепловоза ТЭМП-1тт.

В заключении сформулированы общие выводы и рекомендации.

Внедрение и использование полученных результатов диссертационной работы подтверждается актами внедрения, приведенными в приложении.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне и представляет собой завершенную научно-квалификационную работу.

6. Замечания и вопросы по диссертационной работе

В процессе ознакомления с диссертационной работой отмечены следующие замечания по содержанию и оформлению:

1. Чем объясняется достаточно большое количество энергии, выработанной при нулевой скорости движения для 13 и 15 позиции контроллера машиниста тепловоза ТЭП70БС (рис. 58)? Как это учитывается в общей оценке энергоэффективности тепловоза?

2. Автором в диссертации (стр. 93, 106, 134, 141) применен термин «среднеквадратичная скорость», значение которой было определено в ходе проведенных исследований, но при этом в дальнейшем полученные результаты не использовались. Какой смысл введённого термина?

3. В таблице 25 (стр. 141) отсутствует значение эксплуатационного значения КПД выпрямительной установки тепловоза 2ТЭ25А. Что значит фраза «Недостаточно данных» для других определяемых значений тепловоза 2ТЭ25А?

4. На рис.88, рис.90, рис. 93 представлены семейства кривых скорости тепловозов при движении на 0 позиции контроллера машиниста. Как можно объяснить такой режим?

5. Для обозначения напряжения преимущественно используется символ «U», а иногда используется символ «V» (стр. 207, стр. 208, рис. 121, рис. 122). Автору следует придерживаться единства принятых обозначений.

6. Имеются редакционные ошибки.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и не влияют на теоретические и практические результаты диссертационного исследования.

7. Соответствие диссертации и автореферата требованиям

Автореферат достаточно полно отражает основные идеи и выводы диссертации, позволяет сделать заключение о вкладе автора в проведенное исследование, степени новизны и практической значимости приведенных результатов исследований.

Диссертация и автореферат соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления. – М.: Стандартинформ, 2012.

8. Соответствие диссертации научной специальности

Диссертационная работа соответствует научной специальности 2.9.3 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация» по следующим пунктам:

- п.1. **Эксплуатационные характеристики и параметры подвижного состава и систем тягового электроснабжения, повышение их эксплуатационной надёжности и работоспособности. Системы электроснабжения железных дорог, промышленного железнодорожного транспорта, рельсового городского транспорта и метрополитенов. Методы и средства снижения энергетических потерь, обеспечения энергетической безопасности тяги поездов и электроснабжения железных дорог;**

- п.4. **Совершенствование подвижного состава, включая тяговый привод и энергетические установки автономных локомотивов; тяговых и трансформаторных подстанций, тяговых сетей, включая накопители энергии, преобразователи, аппараты, устройства защиты системы тягового электроснабжения. Улучшение эксплуатационных показателей подвижного состава и устройств электроснабжения, канализация обратного тягового тока;**

- п.7. **Тяговые и тормозные расчёты. Тяговые и тормозные качества подвижного состава. Обеспечение безопасности движения подвижного состава.**

- п.15. **Разработка методов компьютерного моделирования и автоматизации конструирования и проектирования подвижного состава и устройств электроснабжения. Испытания подвижного состава.**

9. Заключение о соответствии диссертационной работы критериям «Положения о присуждении учёных степеней»

Диссертация Гребенникова Николая Вячеславовича «Научные основы повышения энергетической эффективности автономных локомотивов с электрической передачей мощности» является самостоятельной завершённой научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения по повышению энергетической эффективности автономных локомотивов с электрической передачей мощности, внедрение которых внесет значительный вклад в развитие транспортной отрасли страны.

Диссертация, в частности, соответствует п.10 «Положения...» – написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. В диссертации приводятся сведения о

практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов и рекомендации по использованию научных выводов.

П.11 – основные результаты диссертации достаточно полно отражены в рецензируемых научных изданиях, в том числе в изданиях индексируемых в международных базах данных, имеются патенты на изобретения и полезные модели.

П.13 – количество публикаций (не менее 10), в которых излагаются основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора наук, в рецензируемых изданиях: 21 публикация (из них 8 без соавторов) в журналах из перечня ВАК Минобрнауки России и 15 публикаций (из них 1 без соавторов) в изданиях Web of Science и Scopus, 2 патента РФ на изобретение, 2 патента РФ на полезную модель.

П.14 – в диссертации содержатся ссылки на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов, а также на результаты научных работ, выполненные лично соискателем ученой степени и в соавторстве.

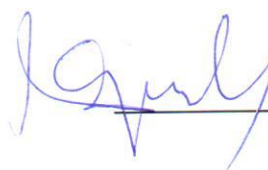
Т.О., Диссертационная работа соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор Гребенников Николай Вячеславович заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.9.3 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация».

Официальный оппонент – **Гордеев Игорь Петрович**, доктор технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы», профессор кафедры «Тяговый подвижной состав» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный университет путей сообщения»

Почтовый адрес организации: 443066, г. Самара, ул. Свободы, 2 В
телефон: +7 (846) 255-68-58
адрес электронной почты: lok@samgups.ru

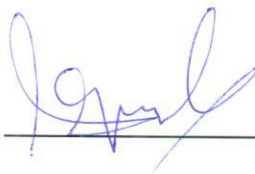
Я, Гордеев Игорь Петрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«_14_» _сентября_ 2023 г.

 И.П. Гордеев

«Я, Гордеев Игорь Петрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку».

Доктор технических наук, доцент



Гордеев Игорь Петрович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный университет путей сообщения» (СамГУПС)

Почтовый адрес: 443109, г. Самара, ул. Литвинова 332а, корпус 7

Электронная почта: gordeev-igor44@mail.ru

Контактные телефоны: 8-927-685-02-68

Подпись д.т.н., доцента,
профессора кафедры «Электрический транспорт»
Гордеева Игоря Петровича заверяю:

Подпись <i>И.П. Гордеев</i>
ЗАВЕРЯЮ
Ведущий специалист по персоналу ОК
СамГУПС <i>Л.А. Кононов</i>



*Подпись Гордеева И.П. заверяю
И.О. Кононов
и что все верно
и что все верно
и что все верно*

