



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

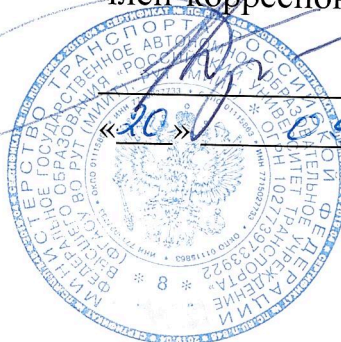
**РОССИЙСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА
РУТ (МИИТ)**

ул. Образцова, д. 9, стр. 9, Москва, ГСП-4, 127994
Тел./факс: (495) 681-13-40, e-mail: info@rut-miit.ru
ИНН/КПП 7715027733/771501001
ОГРН 1027739733922

№ _____
На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ
Проректор РУТ (МИИТ)
Д.Т.Н., профессор,
член-корреспондент РАН

И.Н. Розенберг
2023 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта» РУТ (МИИТ) на диссертацию 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 темы исследования

Железнодорожный транспорт является важнейшим звеном транспортной системы страны, на его долю приходится более 85 % грузооборота всех транспортных средств. Основной расход топливно-энергетических ресурсов (электроэнергии и дизельного топлива) связан с их потреблением локомотивами при осуществлении перевозочного процесса.

О необходимости поиска путей повышения энергетической эффективности перевозок указано в Федеральном законе от 23.11.2009 г. №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и в энергетических стратегиях развития холдинга ОАО «РЖД».

Повышение энергетической эффективности железнодорожных перевозок является важной и приоритетной задачей, решение которой способствует росту и развитию экономики Российской Федерации.

В связи с этим, тему диссертационной работы Гребенникова Н.В. можно считать актуальной и вытекающей из стратегических задач развития транспортной отрасли и экономики Российской Федерации.

2. Оценка содержания диссертации и её завершенность

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы, одного приложения и изложена на 363 страницах машинописного текста. Список литературы содержит 212 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, определены цель и задачи исследования, приведены научная новизна, теоретическая и практическая значимость, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, представлены сведения об апробации научных результатов исследования.

В первой главе представлен анализ состояния энергоэффективности эксплуатации локомотивов, который показал актуальность повышения энергоэффективности автономных локомотивов.

Показано, что чем ниже нагрузка на ось вагона, тем больше удельный расход топливно-энергетических ресурсов, а значит, повышение энергоэффективности, не может быть достигнуто только лишь за счет создания новых мощных локомотивов, и особое внимание стоит уделять режимам работы тягового оборудования локомотивов.

Представлен анализ энергетических показателей для тягового подвижного состава, и показано, что коэффициент полезного действия (КПД) и коэффициент полезного использования мощности (КПИМ) нормируются для полной мощности локомотива при скоростях движения от 40 до 90 % от конструкционной скорости для магистральных локомотивов, а для маневровых локомотивов при скоростях движения от 30 до 70 %.

Во второй главе обоснована и разработана методологии оценки энергетической эффективности тягового оборудования локомотивов с электрической передачей мощности в условиях эксплуатации.

Выполнен анализ энергетической эффективности магистральных (2ТЭ25К^М, 2ТЭ25А, ТЭП70БС) и маневровых (ЧМЭЗ) локомотивов по данным бортовых регистраторов локомотивов.

Выявлена закономерность увеличения энергетической эффективности тягового оборудования при увеличении коэффициента использования мощности локомотива.

В третьей главе разработана и определена концепция повышения энергетической эффективности автономных локомотивов за счет применения модульной конструкции тягового оборудования локомотива, что позволяет оперативно управлять распределенной системой для адаптации к требуемым нагрузкам.

Предлагается использовать метод конечных элементов при проведении тяговых расчетов, что позволит обеспечить энергоэффективное управление движением поездов с локомотивами с дискретно-адаптивным управлением энергетической эффективностью тягового оборудования.

В четвертой главе представлена разработка комплексной компьютерной модели автономного локомотива с модульной структурой электрической передачи мощности. Разработка модели механической части ведется в программном комплексе «Универсальный механизм». Разработка модели электрической передачи мощности осуществлена в программном комплексе MATLAB/Simulink. Для расчета электромагнитных характеристик применяется программа FEMM. Для объединения моделей используется инструмент UM CoSimulation.

Проведены теоретические исследования и определены рациональные параметры управления, обеспечивающие эффективность электромеханического преобразования энергии бесколлекторным тяговым приводом.

В пятой главе представлены экспериментальные исследования макета тягового модуля электрической передачи мощности.

В ходе проведенных экспериментальных исследований установлена возможность достижения КПД макета электрической передачи мощности до 0,887. Проведено сопоставление результатов теоретических и экспериментальных исследований.

В шестой главе представлены результаты разработки и исследования энергоэффективных электрических передач мощности с бесколлекторными электрическими машинами.

Предлагаемая концепция повышения энергетической эффективности автономных локомотивов применена при модернизации тепловоза ТГМ6А, при которой заменено тягово-энергетическое оборудование на двухдизельную энергетическую установку с электрической передачей мощности.

Представлены результаты стендовых испытаний, в ходе которых был определен КПД электрической передачи мощности, который составил 85,4 %.

В заключении изложены основные результаты диссертационной работы.

Структура и содержание диссертационной работы соответствует поставленной цели и задачам исследования, главы диссертации заканчиваются лаконично изложенными выводами, а заключение включает общий итог проведенных исследований. Диссертация выполнена на высоком научном уровне и представляет собой завершённую научно-квалификационную работу.

3. Новизна исследований и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научная новизна диссертационной работы сформулированы автором в виде следующих основных положений, с которыми можно полностью согласиться.

Теоретически обоснованы и предложены:

- методология оценки энергетической эффективности эксплуатации автономных локомотивов с электрической передачей мощности по данным встроенных средств регистрации параметров бортовых систем автономных локомотивов;

- математические модели процессов преобразования энергии в тяговом оборудовании локомотива, основанные на энергетическом подходе и пересчете паспортных технических характеристик;

- концепция повышения энергетической эффективности эксплуатации автономных локомотивов, на основе принципа масштабируемости используемого тягового оборудования, в зависимости от условий эксплуатации;

- впервые предложен метод конечных элементов для проведения тяговых расчетов, что позволяет учитывать изменение энергетического состояния поезда на координатно-скоростной плоскости зависящего от профиля пути, скорости движения, сил сопротивления движению;

- комплексная компьютерная модель 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 диссертации результатов

Теоретическая значимость диссертации заключается в разработке научно обоснованных технических и технологических решений для автономных локомотивов с электрической передачей мощности:

- предложен новый 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;

- на основании проведенного анализа энергетической эффективности существующих автономных локомотивов в условиях их эксплуатации, на основе обработки данных, встроенных средств регистрации параметров бортовых систем локомотивов, показана низкая энергоэффективность работы тягового оборудования в условиях эксплуатации для различного рода службы локомотивов;

- 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;

- дополнены научные основы повышения энергетической эффективности 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;

- усовершенствован метод проведения тяговых расчетов, что обеспечивает выполнение оптимальных тяговых расчетов с повышенной точностью, при существенном сокращении временных и вычислительных затрат;

- разработанная комплексная компьютерная модель 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.

5. Достоверность и обоснованность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, сформулированных в диссертации

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, сформулированных в диссертации подтверждаются корректностью постановки задач и принятых допущений; проведенным обзором и анализом ранее выполненных научных исследований в области энергоэффективности эксплуатации локомотивов; применением современного математического аппарата, использованием аналитических и экспериментальных методов исследования; применением в теоретических исследованиях апробированных и широко используемых программных комплексов «Универсальный механизм», MATLAB/Simulink, FEMM; в экспериментах и испытаниях – сертифицированных, поверенных средств измерения внесенных в государственный реестр; сходимость. Результаты теоретических исследований с проведенными экспериментальными стендовыми и натурными испытаний.

6. Публикации и апробация результатов диссертации

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на заседаниях и научных семинарах кафедры «Тяговый подвижной состав» ФГБОУ ВО РГУПС и РУТ (МИИТ), на заседании объединенного ученого совета ОАО «РЖД», а также в разные годы на национальных и международных научных конференциях.

Основные положения и научные результаты диссертационной работы достаточно полно изложены в 53 печатных работах, из них 21 - в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ для публикации результатов диссертационных работ и 15 – в изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus, 1 монографии; получено 4 патента на полезные модели и изобретения.

7. Внедрение результатов исследования

Научные результаты, представленные в диссертации, имеют важное практическое значение. Разработки в области повышения энергетической эффективности автономных локомотивов с электрической передачей мощности подтверждаются актами внедрения АО «Научно-технический центр «ПРИВОД-Н», АО «ЕВРАЗ НТМК», ОАО «РЖД».

8. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты научно-исследовательских работ, выполненных и представленных в диссертации, актуальны для железнодорожной отрасли, и имеют практическую ценность при модернизации имеющегося и разработке перспективного тягового подвижного состава.

Практическая ценность состоит в том, что результаты диссертации Н.В. Гребенникова дают возможность:

- сформулировать технические требования к перспективному типу автономного тягового подвижного состава и его основным подсистемам и алгоритмам управления;

- уточнить технико-экономические характеристики перспективных автономных локомотивов и сократить затраты времени на разработку технических требований и решений;

- обосновать применение концепции повышения энергетической эффективности, в основе которой лежит принцип масштабируемости используемого тягового оборудования автономного локомотива в зависимости от условий эксплуатации.

9. Соответствие диссертации паспорту научной специальности 2.9.3. Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

Материал, представленный в диссертации, соответствует предметной области научной специальности 2.9.3. Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация:

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».

10. Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Структура и содержание автореферата соответствует основному содержанию диссертации и полностью отражает научные положения, результаты, основные выводы, научную новизну и практическую значимость диссертации.

11. Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011

Структура и оформление диссертации и автореферата 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.

12. Вопросы и замечания по диссертационной работе

1. Проведенный обзор энергоэффективности эксплуатации локомотивов в п 1.1. включает в себя опыт эксплуатации электровозов, что представляется излишним в рамках заявленной темы диссертации.

2. Проведенный анализ, в п.2 диссертации, энергетической эффективности локомотивов 2ТЭ25А, 2ТЭ25К^М, ТЭП70БС, ЧМЭЗ выполнен для «случайно отобранного тепловоза». Чем обусловлен такой выбор, почему не анализировалась энергоэффективность нескольких локомотивов одной серии?

3. На наш взгляд так и остался дискуссионным вопрос о количестве дизель-генераторных установок на магистральных автономных локомотивах (стр. 163-166 диссертации). Автор рассмотрел возможную экономию дизельного топлива, однако без внимания остались вопросы надежности, стоимости ремонта.

4. В разработанной концепции предполагается использование «общего звена постоянного напряжения с фиксированным значением напряжения (не менее 600 В) для всех режимов работы тягового и вспомогательного оборудования», как в этом случае будет обеспечиваться согласованность работы тяговых генераторов и тяговых двигателей?

5. Функциональная схема комплекта тягового электрооборудования (рис. 198 диссертации) для модернизируемого тепловоза предусматривает применение группового привода (один ТЭД на двухосную тележку), что не характерно для эксплуатируемых тепловозов с электрической передачей

мощности с индивидуальным приводом колесных пар. Чем обусловлено применение группового привода?

13. Заключение

Диссертация Гребенникова Николая Вячеславовича на тему: «Научные основы повышения энергетической эффективности автономных локомотивов с электрической передачей мощности» на соискание ученой степени доктора технических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения по повышению энергетической эффективности автономных локомотивов с электрической передачей мощности, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

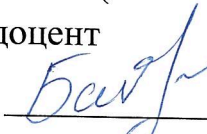
Диссертация по своему содержанию, научному уровню и завершенности исследования соответствует критериям, установленным в пунктах 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор, Гребенников Н.В. заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.9.3. Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

Отзыв рассмотрен и одобрен по результатам обсуждения диссертации на заседании кафедры «Тяговый подвижной состав» РУТ (МИИТ) (протокол № 1 от 05.09.2023 г.).

Профессор кафедры
«Тяговый подвижной состав» РУТ (МИИТ),
доктор технических наук, доцент


Смирнов Валентин Петрович

Секретарь заседания, доцент кафедры
«Тяговый подвижной состав» РУТ (МИИТ),
кандидат технических наук, доцент


Баташов Сергей Иванович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский университет транспорта» РУТ (МИИТ)
Адрес: 127994, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9
Телефон: +7(495)681-13-40
E-mail: info@rut-miit.ru