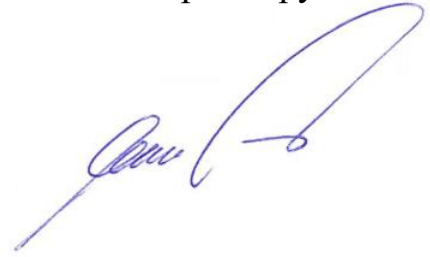


На правах рукописи



Харченко Павел Алексеевич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ СРЕДСТВ РЕГИСТРАЦИИ
ПАРАМЕТРОВ ЛОКОМОТИВА**

Специальность 2.9.3. Подвижной состав железных дорог,
тяга поездов и электрификация

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Ростов-на-Дону
2026

Работа выполнена на кафедре «Тяговый подвижной состав» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО РГУПС).

Научный руководитель: **Гребенников Николай Вячеславович**
доктор технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО РГУПС, профессор кафедры «Тяговый подвижной состав»

Официальные оппоненты: **Воробьев Александр Алфеевич**
доктор технических наук, профессор,
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», заведующий кафедрой «Наземные транспортно-технологические комплексы», г. Санкт-Петербург

Доманов Кирилл Иванович
кандидат технических наук, доцент,
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный университет путей сообщения», доцент кафедры «Подвижной состав электрических железных дорог», г. Омск

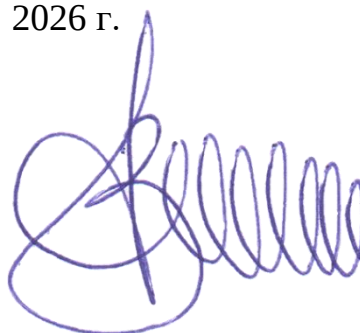
Ведущая организация: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта» РУТ (МИИТ), г. Москва.

Защита состоится «14» декабря 2026 г. в 14.00 на заседании диссертационного совета 44.2.005.03 при ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения» по адресу: 344038, Ростовская область, г.о. город Ростов-на-Дону, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, зд. 2 (читальный зал).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО РГУПС по адресу: 344038, Ростовская область, г.о. город Ростов-на-Дону, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, зд. 2 и на сайте <http://www.rgups.ru>.

Автореферат разослан «___» октября 2026 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета 44.2.005.03,
доктор технических наук, профессор



В.А. Финоченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. По поручению Президента РФ Правительством Российской Федерации утверждена долгосрочная программа развития ОАО «РЖД», синхронизированная с положениями государственных программ, директивами Правительства РФ, а также нормативными документами Министерства транспорта и собственно компании. В рамках инновационного и технологического развития, в соответствии со «Стратегией научно-технологического развития холдинга до 2025 года и на перспективу до 2030 года» (Белая книга), приоритетными направлениями определены развитие систем управления безопасностью движения и рисками, повышение энергетической эффективности, а также совершенствование систем управления качеством эксплуатации железнодорожного транспорта.

Современный этап развития железнодорожной отрасли характеризуется возрастающими требованиями к безопасности, энергоэффективности и надёжности эксплуатации подвижного состава. Выполнение этих задач требует перехода от традиционных методов эксплуатации тягового подвижного состава (ТПС) к принципиально новым, основанным на цифровых технологиях, интеграции информационных систем и интеллектуальной обработке эксплуатационных данных. Несмотря на реализацию обширных программ технического перевооружения, включающих обновление локомотивного парка, внедрение интеллектуальных систем управления тяговыми агрегатами, систем автоведения поездов и рекуперативного торможения, остаётся актуальной необходимость решения ряда ключевых задач, связанных с комплексной оптимизацией процессов эксплуатации. Прежде всего, это касается вопросов системной оценки эффективности моделей ведения поездов, объективного нормирования расхода топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и своевременного технического обслуживания локомотивов на основе реальных условий эксплуатации.

Актуальность этих задач обусловлена масштабами энергетического потребления железнодорожным транспортом. Так, доля потребления энергии на тягу поездов в общей структуре расходов ОАО «РЖД» составляет 77 %, при этом холдинг потребляет около 4,5 % всей электроэнергии и 6,5 % дизельного топлива в стране. Энергетические стратегии РФ и ОАО «РЖД» направлены на сокращение удельного расхода ресурсов, что невозможно без внедрения комплексных систем мониторинга, диагностики и адаптивного управления эксплуатацией ТПС.

Одной из ключевых стратегических целей ОАО «РЖД» является обеспечение заданного уровня безопасности движения, соответствующего международным и национальным стандартам, сохранности перевозимых грузов, защиты жизни и здоровья людей, а также минимизация последствий от транспортных происшествий. Анализ показателей безопасности движения указывает на необходимость усиления технической составляющей в управлении эксплуатацией – как за счёт внедрения систем раннего выявления отклонений в работе ТПС, так и за счёт использования алгоритмов прогнозного обслуживания на основе данных средств регистрации параметров движения и диагностики.

Таким образом, в современных условиях основной задачей системы экс-

плуатации ТПС становится внедрение технологических и организационных решений, обеспечивающих интеграцию эксплуатационной информации в контуры управления, диагностики и нормирования. Это требует совершенствования существующих подходов, разработки и апробации новых моделей технической эксплуатации, базирующихся на объективных, полноценных и высокочастотных данных, регистрируемых в реальных условиях движения.

Степень разработанности темы исследования. Вопросам изучения эффективности эксплуатации ТПС на всём жизненном цикле уделяется значительное внимание. Существенный вклад в развитие концепций, технологических и технических решений, направленных на повышение энергетической эффективности, надёжности и экономичности эксплуатации подвижного состава внесли учёные и специалисты транспорта: А. А. Бакланов, Л. А. Баранов, А. А. Воробьев, В. А. Гапанович, В. В. Грачёв, Я. М. Головичер, Н. В. Гребенников, А. И. Давыдов, К. И. Доманов, А. М. Евстафьев, С. П. Железняк, А. А. Зарифьян, А. Г. Зверев, И. П. Исаев, П. Г. Колпахчян, П. С. Корнеев, А. С. Космодамианский, С. В. Малахов, С. А. Маринин, А. И. Молчанов, В. С. Молярчук, Л. А. Мугинштейн, В. П. Обухов, С. И. Осипов, С. С. Осипов, Л. Н. Павлов, А. А. Пугачёв, А. Д. Петрушин, О. Е. Пудовиков, В. Е. Розенфельд, А. Н. Савоськин, Н. Н. Сидоров, В. П. Феоктистов, С. Г. Шантаренко, Е. Н. Школьников, К. И. Юренко и др.

Ключевыми направлениями в системе эксплуатации ТПС являются совершенствование моделей вождения поездов и управления тормозами подвижного состава, обеспечение безопасности движения и снижение продольно-динамических воздействий в поезде. Большой вклад в решение данного класса задач внесли многие учёные и инженеры: С. А. Айзинбуд, В. Р. Асадченко, Л. В. Балон, В. Д. Верескун, С. В. Вершинский, П. Т. Гребенюк, В. Г. Иноземцев, В. Г. Козубенко, В. В. Крылов, В. Н. Курков, Б. Н. Никифоров, А. Н. Савоськин, Т. А. Тибилов, И. А. Яицков и др.

Цель работы: совершенствование системы и технологии эксплуатации подвижного состава железных дорог на основе применения инновационных методов обработки регистрируемых параметров локомотива, направленных на повышение эффективности эксплуатации подвижного состава.

Для достижения цели поставлены и решены следующие задачи:

1. Выполнить анализ и обобщение современного состояния проблем и существующих решений в области систем и технологий эксплуатации транспортных средств, в том числе тягового подвижного состава железных дорог.

2. Разработать методику оценки модели ведения поезда при эксплуатации ТПС с использованием информации средств регистрации параметров локомотива.

3. Разработать комплексную имитационную компьютерную модель поезда, позволяющую исследовать модели ведения поезда при эксплуатации ТПС с позиции энергоэффективности, безопасности и продольной динамики движения подвижного состава.

4. Провести моделирование и анализ различных режимов эксплуатации подвижного состава с использованием разработанной методики для оценки ре-

ализуемых моделей ведения поезда, выявления резервов экономии энергоресурсов и анализа соблюдения технологии эксплуатации.

5. Провести экспериментальные исследования влияния моделей ведения поезда на технологию эксплуатации по критериям энергоэффективности, безопасности и продольной динамики движения подвижного состава.

6. Разработать предложения по практическому применению методов обработки и анализа регистрируемых параметров в системе эксплуатации ТПС.

Объектом исследования является тяговый подвижной состав железных дорог в условиях перехода к цифровым и энергоэффективным технологиям.

Предметом исследования являются методы обработки регистрируемых параметров локомотива, обеспечивающие оценку и выбор рациональных моделей ведения поезда с учётом энергоэффективности и продольной динамики поезда.

Научная новизна диссертационной работы:

1. Развита научный подход в области исследования и оценки эффективности эксплуатации ТПС, учитывающий безопасность движения, продольную динамику поезда, точность хода по расписанию и энергоэффективность.

2. Впервые предложена методика оценки модели ведения поезда с использованием данных регистрации параметров локомотива на основе нечёткой логики, позволяющая обеспечить более эффективное решение задачи оценки и выбора рациональной модели ведения поезда для заданного приоритетного критерия.

3. Разработана имитационная компьютерная модель пассажирского поезда, позволяющая воспроизводить все режимы движения поезда, управления тяговым оборудованием и автотормозами, влияющие на энергоэффективность, безопасность и динамику подвижного состава, с последующим расчётом показателей энергопотребления.

4. Разработан метод технического нормирования потребления и возврата энергетических ресурсов на тягу поездов с дифференцированием по каждому перегону на основе использования энергооптимальных моделей управления тяговым подвижным составом и принципа оптимальности Беллмана.

5. Разработан алгоритм интеграции методов оценки эффективности эксплуатации ТПС, основанных на анализе фактических показателей, в систему обучения эффективным и безопасным приёмам вождения поездов.

Теоретическая и практическая значимость работы:

1. Проведённые теоретические исследования подтвердили целесообразность интеграции традиционных инструментов оценки выполненных поездок с перспективными методами интеллектуального анализа реализуемых моделей ведения поезда, основанными на применении методов нечёткой логики.

2. Разработана и апробирована методика оценки и выбора реализуемых моделей ведения поезда на основе комплексной оценки массива данных со средств регистрации параметров локомотива, основанная на нечётко-логической расчётной модели с учётом значимости критериев, определяемой по формуле Фишберна, позволяющая в ряде случаев обеспечить более эффективное решение задачи выбора рациональной модели ведения поезда по сравнению с эвристическим подходом.

3. Разработанная имитационная компьютерная модель поезда позволила провести комплексные исследования различных моделей ведения поезда во всех комбинациях режимов управления тягой, рекуперативным и пневматическим торможением с последующей оценкой энергоэффективности, безопасности движения и продольной динамики поезда.

4. Разработаны мероприятия по совершенствованию системы технического нормирования потребления и возврата энергетических ресурсов на основе использования энергооптимальных моделей ведения поезда, что позволяет объективно установить плановую норму расхода энергоресурсов на тягу поездов для каждого участка железной дороги.

5. Предлагаемая методика использована при разработке энергооптимальных режимно-информационных карт и успешно апробирована, что позволило снизить удельный расход топливно-энергетических ресурсов, минимизировать продольные рывки при движении поезда и увеличить долю следования в режиме рекуперации по сравнению с типовым режимом автоведения.

Методология и методы исследования. Поставленные в диссертационной работе задачи решены с использованием методов статистической обработки больших массивов экспериментальных данных, имитационного компьютерного моделирования, теории локомотивной тяги, теории электрических цепей, формального метода Ньютона – Эйлера, метода экспертных оценок, метода Фишберна, нечёткой логики, натурного эксперимента.

Положения, выносимые на защиту:

1. Результаты анализа существующих тенденций внедрения цифровых технологий в систему эксплуатации подвижного состава.

2. Методика оценки модели ведения поезда с использованием данных регистрации параметров локомотива на основе нечёткой логики, учитывающая безопасность движения, продольную динамику поезда, точность хода по расписанию и энергоэффективность.

3. Комплексная имитационная компьютерная модель пассажирского поезда посредством синтеза программных комплексов ПК «Универсальный механизм» и MATLAB/Simulink, в основе которой лежит использование технических характеристик завода-изготовителя подвижного состава, позволяющая проводить исследования влияния реализуемой модели ведения поезда на энергоэффективность, безопасность и динамику подвижного состава.

4. Результаты экспериментальных исследований влияния моделей ведения поезда на технологию эксплуатации с позиции энергоэффективности, безопасности и динамики движения подвижного состава в границах Северо-Кавказской железной дороги.

5. Предложения по совершенствованию системы эксплуатации ТПС за счёт комплексного учёта факторов движения поезда как электромеханической системы и внедрения разработанной методики оценки моделей ведения в технологические процессы нормирования энергоресурсов и выработки безопасных и энергоэффективных приёмов вождения.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов обеспечивается корректностью исходных математических положений, обоснованностью принятых допущений, а также сопоставлением теорети-

ческих, экспериментальных данных и результатов, полученных в процессе компьютерного моделирования, с информацией бортовых средств регистрации параметров локомотива.

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих научных конференциях: Международных научно-практических конференциях «Транспорт – 2015–2018, 2021, 2025, 2026» – Ростов-на-Дону, РГУПС, 2015–2018, 2021, 2025, 2026 гг.; VIII Международной конференции «Системный анализ, управление и обработка информации» – Дивноморское, ДГТУ, 2017 г.; II Международной научно-практической конференции «Транспорт и логистика: инновационная инфраструктура, интеллектуальные и ресурсосберегающие технологии, экономика и управление» – Ростов-на-Дону, РГУПС, 2018 г.; Всероссийской национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России» («ТрансПромЭк-2018») – Ростов-на-Дону, РГУПС, 2018 г.; Международной молодёжной научно-практической конференции «Применение и развитие нейросетевого моделирования для решения фундаментальных задач в науке и технике» – Новочеркасск, ЮРГПУ (НПИ) имени М. И. Платова, 2018 г.; 2018 International Russian Automation Conference «RusAutoCon 2018» – Sochi, 2018; IX и XI международных научно-технических конференциях «Технологии разработки информационных систем» («ТРИС-2019», «ТРИС-2021») – Таганрог, ЮФУ, 2019, 2021 гг.; 5th International Scientific Conference on Intelligent Information Technologies for Industry (IITI 2021) – Sochi, 2021; 2021 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) – Sochi, 2021; International Scientific Conference «Cyber-physical systems design and modeling (CyberPhy-2021)» – St. Petersburg, 2021; VI Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Эксплуатационная надёжность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов» – Омск, ОмГУПС, 2021 г.; XXXIV Международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-34» – Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), 2021 г.; 12-й, 14-й, 15-й, 16-й и 17-й Международных научно-практических конференциях «Перспективы развития локомотиво-, вагоностроения и технологии обслуживания подвижного состава» – Ростов-на-Дону, РГУПС, 2020, 2022–2025 гг.; VII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава» – Омск, ОмГУПС, 2025 г.

Реализация и внедрение результатов работы. Основные научные результаты диссертации использованы в производственной деятельности эксплуатационных локомотивных депо Северо-Кавказской дирекции тяги ОАО «РЖД» при разработке мероприятий, направленных на совершенствование технологии эксплуатации тягового подвижного состава, на основе системного анализа лучших практик и энергооптимальных моделей вождения поездов; в производственной деятельности Ростовского-на-Дону электровозоремонтного завода для оценки соблюдения режимов работы электрооборудования с применением методов компьютерного моделирования в условиях эксплуатации; в

учебном процессе ФГБОУ ВО РГУПС при подготовке специалистов для железнодорожного транспорта.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 34 научных работах, из них восемь статей в журналах, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ, шесть статей в журналах, входящих в базу Scopus, получен один патент на изобретение.

Структура работы. Диссертация состоит из 192 страниц машинописного текста и включает в себя введение, четыре главы, заключение, основные выводы, список литературы из 213 наименований, 1 приложение, 36 таблиц и 48 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационной работы, приведены сведения о структуре диссертации.

Первая глава посвящена анализу современного состояния и проблем эксплуатации ТПС железных дорог.

Проведён анализ эволюции систем и технологий эксплуатации транспортных средств от ремонта по факту отказа и планово-предупредительного обслуживания к эксплуатации по фактическому состоянию, предиктивному обслуживанию и применению цифровых технологий. Установлено, что основными направлениями дальнейшего развития являются автономизация, интеллектуализация и формирование единой цифровой экосистемы жизненного цикла подвижного состава. При этом, несмотря на активное внедрение автоматизированных и цифровых решений, человеческий фактор продолжает существенно влиять на безопасность, надёжность и энергоэффективность эксплуатации, что определяет необходимость развития систем автоведения, диагностики и мониторинга, а также совершенствования подготовки локомотивных бригад на основе данных реальной эксплуатации.

Отмечено, что развитие систем и технологий эксплуатации ТПС сопровождается расширением информационной базы – от маршрутных листов и скоростемерных лент к комплексным средствам регистрации, диагностики и мониторинга (КЛУБ-У, САУТ-ЦМ, МСУД, УСАВП и др.). Использование объективных данных о фактических режимах ведения поезда позволило перейти от преимущественно эмпирической оценки к научно обоснованному анализу эксплуатационных процессов с учётом профиля пути, технических характеристик локомотива и инфраструктурных ограничений. Обоснована целесообразность формирования замкнутого цикла «регистрация данных – анализ – оценка – обучение – оптимизация эксплуатации».

Выявлено, что одним из ключевых ограничений существующей системы технического нормирования потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) является высокая зависимость от квалификации машиниста-инструктора и инженера по теплотехнике, а также недостаточный уровень автоматизации, что снижает объективность результатов. Перспективным направлением развития является переход к пооперационному и дифференцированному нормированию расхода ТЭР с учётом технического состояния локомотива, условий движения и уровня квалификации машиниста. Использование объективной инфор-

мации со средств регистрации и диагностики позволяет значительно повысить точность нормативов, интегрировать лучшие практики управления в систему эксплуатации и формировать интеллектуальные адаптивные механизмы нормирования.

Таким образом, в условиях цифровой трансформации железнодорожного транспорта особое значение приобретает системный анализ моделей ведения поезда как инструмента повышения энергоэффективности, надёжности и безопасности эксплуатации. Интеграция результатов такого анализа в единое цифровое пространство ОАО «РЖД» формирует основу интеллектуальной, адаптивной системы эксплуатации и нормирования, обеспечивающей устойчивое энергосбережение и повышение эффективности функционирования ТПС.

Вторая глава посвящена исследованию теоретических подходов и разработке методики оценки модели ведения поезда при эксплуатации ТПС. Модель ведения поезда – это алгоритм управления движением поезда, реализуемый локомотивной бригадой или автоматизированной системой управления, в различных эксплуатационных условиях, включающий в себя закономерности изменения скорости, режимов тяги, выбега и торможения, с учётом профиля пути, сигналов светофоров, расписания и технических ограничений и отказов, направленный на обеспечение безопасности, энергоэффективности и соблюдение графика движения. Одной из приоритетных задач совершенствования технологии и повышения эффективности эксплуатации ТПС является задача рационального выбора модели ведения поезда – назначения локомотивной бригады или алгоритма автоматизированной системы на конкретный рейс в зависимости от категории поезда и типа перевозимого груза на основе анализа информации о выполненных поездках. В такой постановке она формулируется как многокритериальная задача принятия решений, где из множества доступных моделей необходимо выбрать оптимальные варианты для планируемых рейсов, обеспечивая их сопоставление с учётом заданных условий и эксплуатационных факторов. Дано множество вариантов моделей ведения поезда, реализуемых локомотивными бригадами (автоматизированной системой ведения):

$$M = \{m_1, m_2, \dots, m_i, \dots, m_N\}, i = \overline{1:N} \quad (1)$$

где m_i – i -я модель ведения поезда; $N = |M|$ – число моделей ведения поезда.

Множество планируемых рейсов:

$$Z = \{z_1, z_2, \dots, z_j, \dots, z_L\}, j = \overline{1:L} \quad (2)$$

где z_j – j -ый планируемый рейс; $L = |Z|$ – число планируемых рейсов.

Требуется найти оптимальное соответствие (отображение):

$$h: Z \rightarrow M; h = (z_j, m_i) |_{i \in \{1:N\}; j \in \{1:L\}}; h \subseteq Z \times M, \quad (3)$$

где h – искомое оптимальное соответствие или инъективное отображение множества Z на множество M ; (z_j, m_i) – множество пар «планируемый рейс – модель ведения»; $Z \times M$ – декартово произведение множеств Z и M .

Данная задача имеет множество решений N_h , которое при заданных Z и M может быть оценено как число размещений из L различных элементов, выбранных из общей совокупности в N элементов:

$$N_h = A_N^L = \frac{N!}{(N-L)!}, \quad (4)$$

причем, если число планируемых рейсов равно числу доступных моделей ведения поезда: $|M| = |Z|$, то N_h может быть оценено как число перестановок P_z из L элементов: $N_h = P_z = L!$.

Актуальность рассматриваемой задачи обусловлена тем, что различные категории поездов характеризуются своими особенностями и приоритетами по частным критериям качества управления. Автором предложено ранжирование критериев оценки моделей ведения поезда в зависимости от категорий поездов.

Разработана методика, направленная на повышение эффективности технологии эксплуатации ТПС за счёт формализованной интегральной оценки моделей ведения поезда (рис. 1). Оценка осуществляется на основе совокупности частных критериев, характеризующих соблюдение требований технологии эксплуатации: «безопасность движения, технологическая стабильность и надёжность эксплуатации ТПС»; «продольная динамика»; «точность хода по расписанию»; «энергоэффективность».

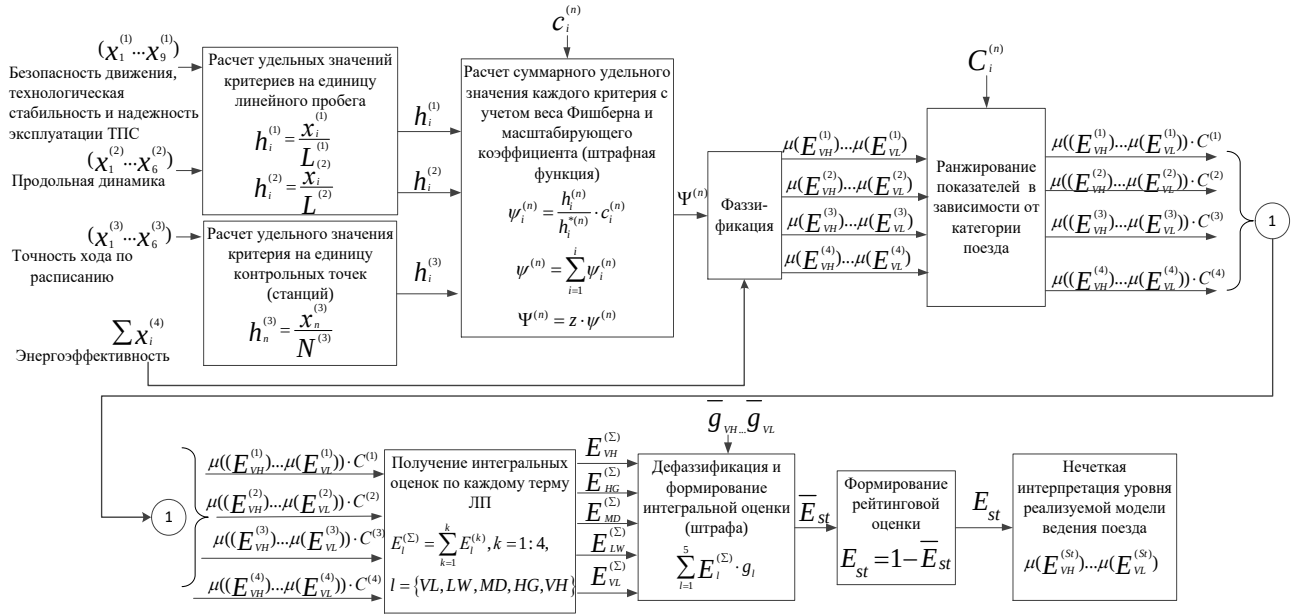


Рисунок 1 – Алгоритм расчёта интегральной оценки модели ведения поезда

В качестве численной оценки J используется функция F , построенная на основе математического аппарата нечёткой логики, которая позволяет агрегировать частные критерии в единую оценку рациональности модели ведения поезда:

$$F : K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 \times r \rightarrow E, F : \mathbb{R}^6 \times \mathbb{Z} \rightarrow \mathbb{R}^1, \quad (5)$$

где K_1 – показатель безопасности движения; K_2 – показатель технологических нарушений; K_3 – показатель нарушений режимов эксплуатации ТПС; K_4 – показатель соблюдения точности хода по расписанию; K_5 – показатель соблюдения критериев комфортности перевозки пассажиров (продольная динамика); K_6 – показатель энергоэффективности. Для определения частных показателей $K_p, p = \overline{1:6}$ на основе набора данных $D_{pi}^{(k)}$, где (k) характеризует период време-

ни, p – номер показателя; i – номер модели ведения, вводим частные функции оценки:

$$F_p : D_{pi} \rightarrow K_{pi} \quad (6)$$

С целью сокращения размерности задачи целесообразным представляется объединение показателей $K_1 : K_3$ в один комплексный показатель «безопасность движения, технологическая стабильность и надёжность эксплуатации ТПС» – Q_1 ; Q_2 – показатель продольной динамики, Q_3 – показатель точности хода по расписанию, Q_4 – показатель энергоэффективности.

Исходные данные группируются по четырем комплексным критериям Q_1 – Q_4 , характеризуемым численными значениями e_1 – e_4 . Полученные путём проецирования на нечёткие шкалы значения функций принадлежности терм-множеств лингвистических переменных (VH, HG, MD, LW, VL) по каждому из четырех критериев оценки с учётом весовых коэффициентов, определяемых по формуле Фишберна, интегрируются в комплексную оценку по предлагаемой методике (рис. 1, формула (7), табл. 1), где E_{st} – «рейтинг модели ведения поезда», а $\bar{E}_{st}$ – уровень ошибок при эксплуатации ТПС.

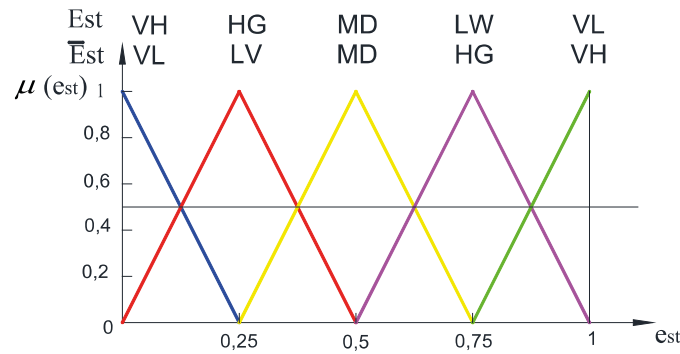


Рисунок 2 – Графики функций принадлежности терм-множеств лингвистических переменных E_{st} , $\bar{E}_{st}$

Таблица 1 – Функции принадлежности подмножеств терм-множества E_{st}

№	Терм-множества E_{st}	Функции принадлежности нечёткого множества E_{st}
1	$E_{VH}(\bar{E}_{VL}), e \in [0; 0,25]$	$\mu(e, E_{VH}) = (e - a_2) / (a_2 - a_1), \text{ если } a_1 \leq e \leq a_2$
2	$E_{HG}(\bar{E}_{LW}), e \in [0; 0,5]$	$\mu(e, E_{HG}) = \begin{cases} (e - a_1) / (a_2 - a_1), & \text{если } a_1 \leq e < a_2 \\ (e - a_3) / (a_3 - a_2), & \text{если } a_2 \leq e < a_3 \end{cases}$
3	$E_{MD}(\bar{E}_{MD}), e \in [0,25; 0,75]$	$\mu(e, E_{MD}) = \begin{cases} (e - a_3) / (a_3 - a_2), & \text{если } a_2 \leq e < a_3 \\ (e - a_4) / (a_4 - a_3), & \text{если } a_3 \leq e < a_4 \end{cases}$
4	$E_{LW}(\bar{E}_{HG}), e \in [0,5; 1]$	$\mu(e, E_{LW}) = \begin{cases} (e - a_4) / (a_4 - a_3), & \text{если } a_3 \leq e < a_4 \\ (e - a_5) / (a_5 - a_4), & \text{если } a_4 \leq e < a_5 \end{cases}$
5	$E_{VL}(\bar{E}_{VH}), e \in [0,75; +\infty]$	$\mu(e, E_{VL}) = (e - a_5) / (a_5 - a_4), \text{ если } a_4 \leq e < a_5$
6	Параметры ФП	$a_1 = 0; a_2 = 0,25; a_3 = 0,5; a_4 = 0,75; a_5 = 1;$

Определены значения и параметры всех термов с учётом физической сущности каждого из базовых показателей:

$$E_l^{(k)}, k=1:4, l=\{VL, LW, MD, HG, VH\}; \quad (7)$$

где k – порядковый номер оцениваемого показателя; l – рассматриваемые термы. Таким образом: $E_{VL}^{(k)}$ – очень низкий, very low; $E_{LW}^{(k)}$ – низкий, low; $E_{MD}^{(k)}$ – средний, middle; $E_{HG}^{(k)}$ – высокий, high; $E_{VH}^{(k)}$ – очень высокий, very high.

Третья глава посвящена разработке комплексной имитационной компьютерной модели пассажирского поезда № 36 «Северная Пальмира» сообщением Санкт-Петербург – Адлер, в состав которого входят электровоз ЭП1М и 16 вагонов: 15 двухэтажных пассажирских и 1 вагон-автомобилевоз. Разработана управляемая электромеханическая модель поезда, интегрирующая программные комплексы «Универсальный механизм» (ПК УМ) и MATLAB/Simulink. Обмен данными между механической и электрической подсистемами реализован через S-функцию ПК УМ и автоматически генерируемый m-файл, что обеспечивает задание входных параметров (силы тяги, рекуперации и торможения) и получение выходных характеристик (тяговое усилие, скорость, путь, ускорение, рывок). В единой модели объединены электрическая, механическая и тормозная подсистемы, включающие пять функциональных блоков, в том числе модуль учёта расхода и возврата рекуперированной энергии (рис. 3).

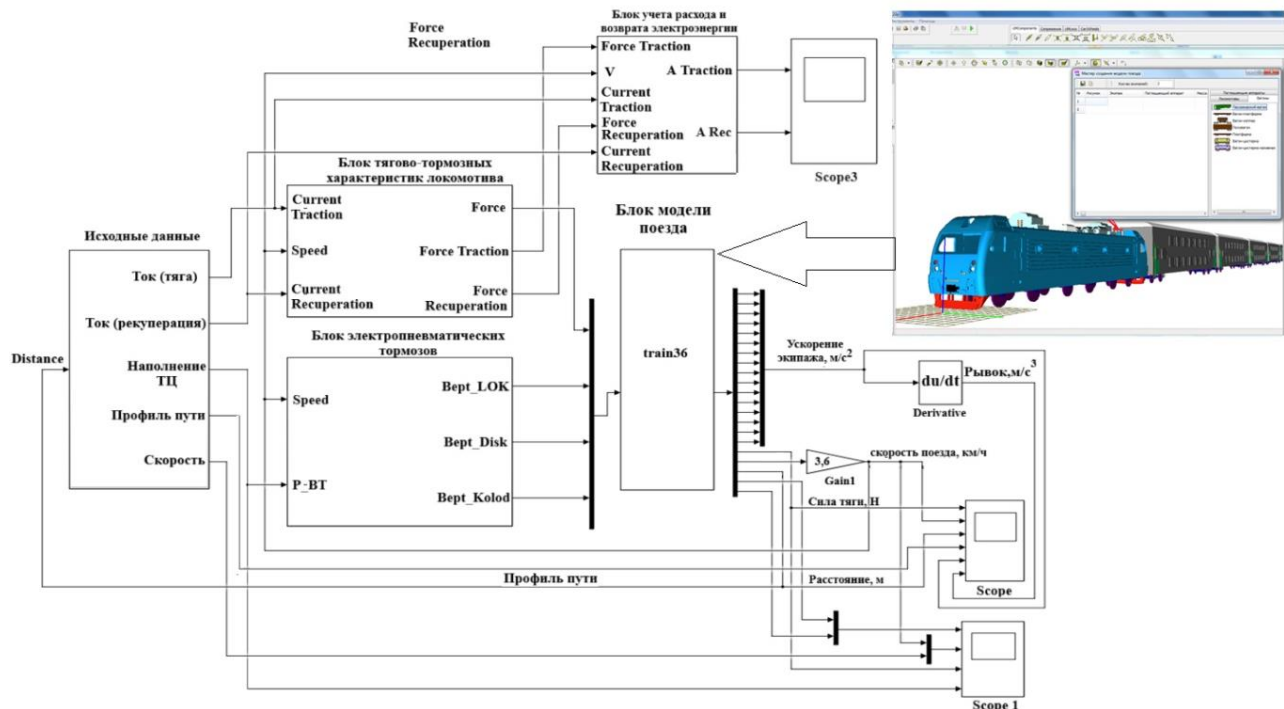


Рисунок 3 – Модель поезда, разработанная в MATLAB/Simulink

Модель электровоза создаётся одностепенной с одной степенью свободы (перемещение вдоль железнодорожного пути) и соединена с вагонами биполярными силовыми элементами, имитирующими поглощающие аппараты и автосцепные устройства. При моделировании силовой схемы локомотива и тормозной системы поезда использованы технические характеристики завода-изготовителя подвижного состава с учётом всех ограничений. Этот метод позволяет учесть предел сцепления колеса с рельсом, максимально допустимые токи, а также реализовать режим движения локомотива при ослаблении магнитного поля электрической машины.

Тормозная сила поезда складывается из тормозных сил локомотива $B_{\kappa}^{лок}$ и вагонов, оборудованных колодочным $B_{\kappa}^{ваг}$ и дисковым $B_{диск}^{ваг}$ тормозами:

$$B = B_{\kappa}^{лок} + B_{\kappa}^{ваг} + B_{диск}^{ваг}, \quad (8)$$

Получены зависимости тормозных сил локомотива и вагонов от величины давления в тормозном цилиндре:

$$B_{\kappa}^{лок} = 24 \cdot (31,37 \cdot P_{тц} - 0,694) \cdot 0,6 \frac{1,6 \cdot (31,37 \cdot P_{тц} - 0,694) + 100}{8 \cdot (31,37 \cdot P_{тц} - 0,694) + 100} \cdot \frac{V + 100}{5V + 100}, \quad (9)$$

$$B_{\kappa}^{ваг} = 16 \cdot (29,066 P_{тц} - 1,628) \cdot 0,44 \frac{0,1 \cdot (29,066 P_{тц} - 1,628) + 20}{0,4 \cdot (29,066 P_{тц} - 1,628) + 20} \cdot \frac{V + 150}{2 \cdot V + 150}, \quad (10)$$

$$B_{диск}^{ваг} = 16 \cdot (116,25 \cdot P_{тц} - 6,97) \cdot 0,44 \cdot \frac{0,1 \cdot (116,25 \cdot P_{тц} - 6,97) + 20}{0,4 \cdot (116,25 \cdot P_{тц} - 6,97) + 20} \cdot \frac{V + 150}{2 \cdot V + 150} \cdot \frac{0,32}{0,475}. \quad (11)$$

где: $P_{тц}$ – давление воздуха в тормозном цилиндре, МПа; V – скорость движения поезда, км/ч; c – рабочее давление в тормозном цилиндре клещевого механизма, кгс/см².

Определение общего расхода ТЭР на тягу поезда осуществляется через выходную касательную мощность локомотива и потери, которые возникают на каждом цикле преобразования энергии. Потребляемая мощность электровоза из контактной сети в режиме тяги была определена с учётом потерь в тяговых электродвигателях, коэффициентов полезного действия тягового трансформатора и выпрямительно-инверторного преобразователя, а также мощности на привод вспомогательных машин. Наибольший диапазон изменения характерен для электрических потерь в обмотках тяговых электродвигателей, величина которых пропорциональна квадрату протекающего тока. Сумма остальных видов потерь изменяется незначительно от тока якоря (для НБ-520В в диапазоне от 18 до 22 кВт согласно анализу информации РПДА), и для дальнейших расчётов можно принять её пропорционально скорости движения электровоза, тогда формула для определения потребляемой мощности из контактной сети при движении в режиме тяги примет вид:

$$P_{КС} = \frac{\frac{F_{\kappa} \cdot V}{3,6} + (I_a^2 r_a + I_b^2 r_b + 20 \cdot 10^3 \frac{V}{140}) \cdot 6}{\eta_{тг} \cdot \eta_{вип}} + P_{всп}^T, \quad (12)$$

где F_{κ} – касательная сила тяги электровоза, Н; $\eta_{тг}$ – КПД тягового трансформатора; $\eta_{вип}$ – КПД ВИП; I_a – ток якоря ТЭД, А; r_a – сопротивление якорной цепи, Ом; I_b – ток возбуждения, А; r_b – сопротивление обмотки возбуждения, Ом; $P_{всп}^T$ – мощность собственных нужд электровоза в режиме тяги, Вт.

Определение мощности рекуперативного торможения выполняется аналогично, при этом следует учитывать обратный процесс преобразования механической энергии движения поезда в электрическую энергию.

Полученные результаты подтверждают адекватность разработанной компьютерной имитационной модели, построенной на основе применения основных положений теории электрической тяги, механики и электротехники. Корректность принятых допущений, структура модели и стратегия проведения вычислительного эксперимента обеспечивают надёжность полученных выводов и соответствие их целям диссертационного исследования.

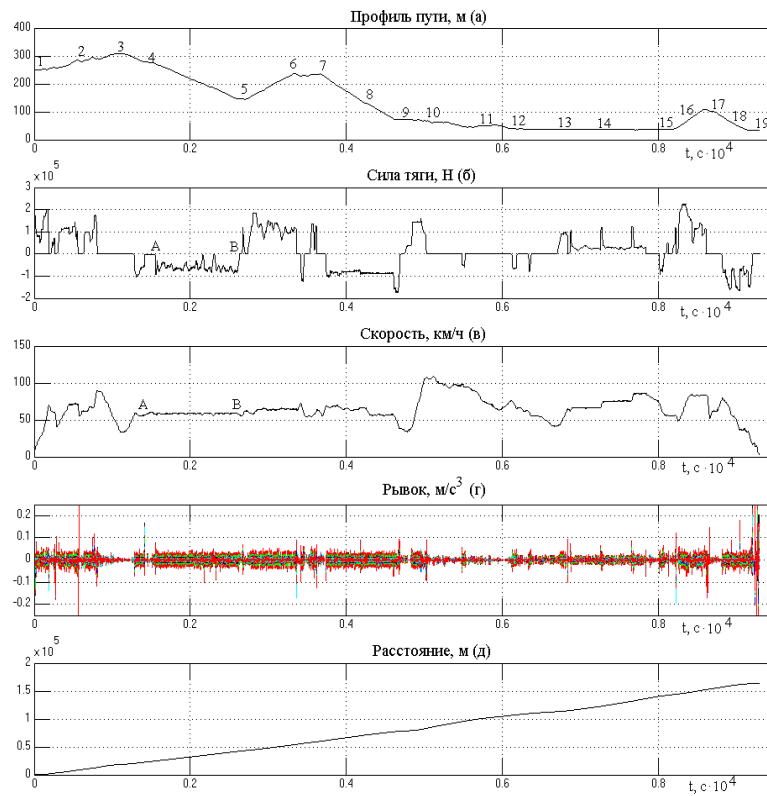


Рисунок 4 – Результаты моделирования:
а – профиль пути; *б* – сила тяги; *в* – скорость поезда; *г* – рывок;
д – расстояние, пройденное поездом

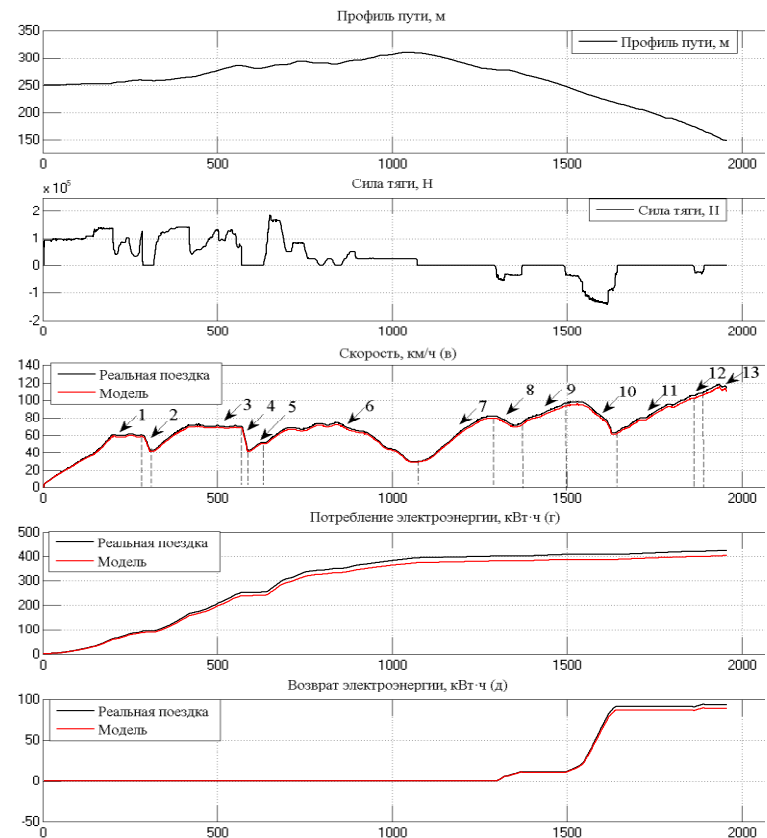


Рисунок 5 – Результаты эксперимента и моделирования: *а* – профиль пути; *б* – сила тяги; *в* – скорость поезда; *г* – потребление электроэнергии; *д* – возврат электроэнергии

При анализе графиков скорости, полученных при натурном эксперименте и моделировании, установлено, что погрешность составила 1,65 %. Аналогично, определена адекватность расчёта расхода и возврата рекуперированной электроэнергии в контактную сеть. Погрешность составила 1,75 %.

Четвертая глава посвящена экспериментальным исследованиям влияния моделей ведения поезда на технологию эксплуатации ТПС с позиции энергоэффективности, безопасности и динамики движения подвижного состава. Проведены экспериментальные поездки пассажирского поезда № 36 «Северная Пальмира» на Северо-Кавказской железной дороге. Для анализа использовались две ситуационные модели назначения локомотивных бригад: по разработанной автором методике с учётом модели ведения и квалификационных характеристик и традиционная, при которой наряд формировался на основе сменного суточного плана эксплуатационной работы. Проанализированы процессы управления ТПС во всех трёх возможных режимах: с использованием УСАВП, в ручном режиме (управление машинистом) и комбинированном (совместное управление УСАВП и машинистом). Анализ всех 78 поездок позволил сделать вывод, что наилучший результат по исключению высокоамплитудных колебаний, несущих риск дискомфорта пассажиров, достигнут в ручном режиме (таблица 2).

Таблица 2 – Средние значения попаданий локальных экстремумов функции рывка в заданные диапазоны по результатам испытаний

№	Режим управления локомотивом	Частоты попадания локальных экстремумов функции рывка в заданные диапазоны					
		–1...–0,7	–0,7...–0,35	–0,35...0	0...0,35	0,35...0,7	0,7...1
1	Ручной	0	27,333	$3,65 \cdot 10^5$	$3,79 \cdot 10^5$	19,333	0
2	УСАВП	2	53,333	$3,48 \cdot 10^5$	$3,55 \cdot 10^5$	37,333	3
3	Комбинированный	7,667	43	$3,46 \cdot 10^5$	$3,62 \cdot 10^5$	17,667	6

По суммарным показателям потребления и возврата электроэнергии (рис. 5) установлено, что модель ведения поезда, основанная на методике автора, на 17,87 % экономичнее, преимущественно за счет увеличения доли рекуперации, по сравнению со случайным распределением локомотивных бригад и управлением в режиме УСАВП.

Анализ поездок позволил сделать вывод, что в среднем 28 % времени локомотив управляется в ручном режиме, 72 % в автоматизированном режиме. При этом во всех поездках выявлен факт использования корректировки скорости в УСАВП по лимитирующим спускам в меньшую сторону с учётом соблюдения расписания для увеличения показателя рекуперированной электроэнергии.

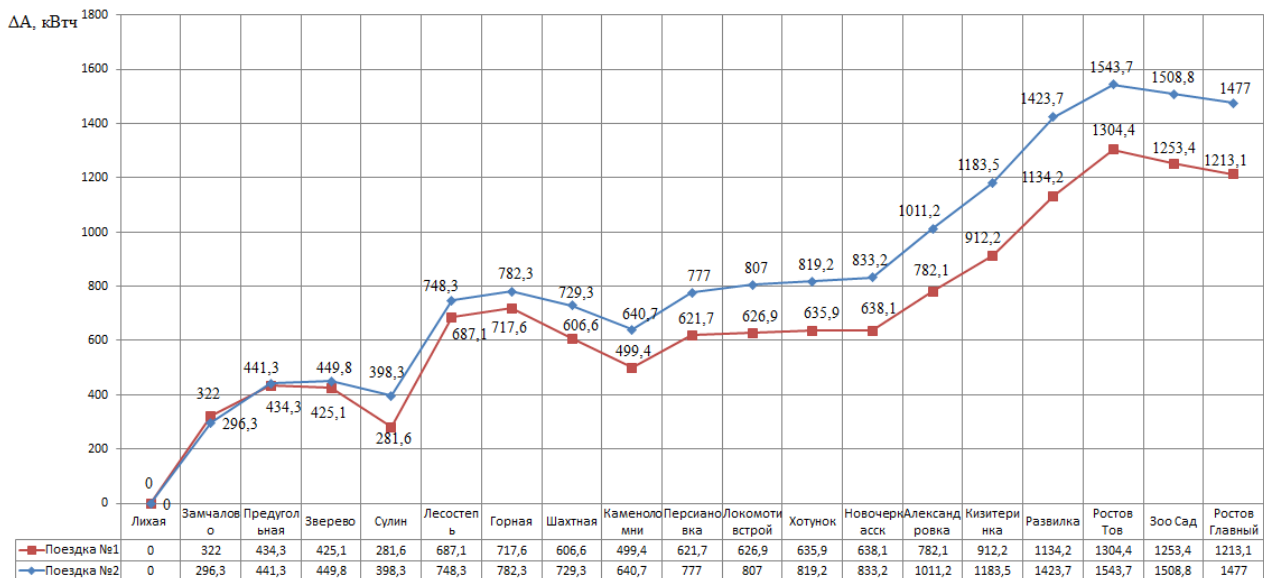


Рисунок 5 – Суммарное абсолютное потребление и возврат электроэнергии в контактную сеть по счетчикам ЭПС

Наиболее экономичным является ручной метод управления поездом машинистами с высоким уровнем квалификации (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты испытаний по энергоэффективности на участке Лихая – Ростов-Главный с пассажирским поездом № 36

№	Режим управления ТПС	Расход ТЭР, A_t , кВт·ч	Рекуперация эл. энергии, A_p , кВт·ч	$\Delta A = A_t - A_p$, кВт·ч	Удельный расход ТЭР, A^* , кВт·ч/км
1	Ручной	1875	645	1230	7,546
2	УСАВП	1936	477	1459	8,951
3	Комбинированный	1879	546	1333	8,178

Анализ результатов 3607 поездок машинистов грузового и пассажирского движения, выполненных в августе 2023 года, показал, что в зависимости от уровня квалификации машиниста отклонение удельного расхода ТЭР от нормативного значения варьируется от -12 % до 12 %. Таким образом, путём определения наиболее энергоэффективных моделей ведения поезда оптимизировано расчётное значение норматива расхода энергоресурсов на тягу. На рисунке 6 представлены основная гистограмма и три усеченных распределения, сформированные путём исключения из исходной выборки наблюдений с отклонениями от нормы, превышающими соответственно 50 %, 20 % и 10 %. Анализ показал, что при исключении значений с отклонением свыше 20 %, которые обусловлены специфическими условиями эксплуатации (неполный поездоучасток, неисправные приборы учёта ТЭР и др.), наблюдается соответствие распределения нормальному закону. Таким образом, в пределах данного диапазона отсутствует значимое влияние отдельных эксплуатационных факторов и данные могут считаться свободными от их влияния.

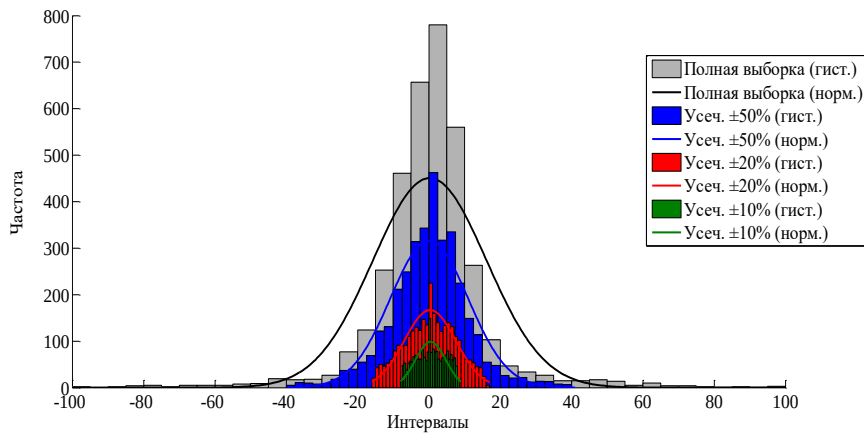


Рисунок 6 – Гистограммы и кривые Гаусса, моделирующие усеченные законы распределения

Важным результатом проведённых исследований стало обоснование возможности повышения эффективности системы эксплуатации ТПС путём совершенствования системы технического нормирования потребления и возврата энергоресурсов на тягу поездов (рис. 7), а также интеграции в процесс технической учебы и повышения квалификации локомотивных бригад инструментов оценки моделей ведения поезда на основе разработанной методики (рис. 8).

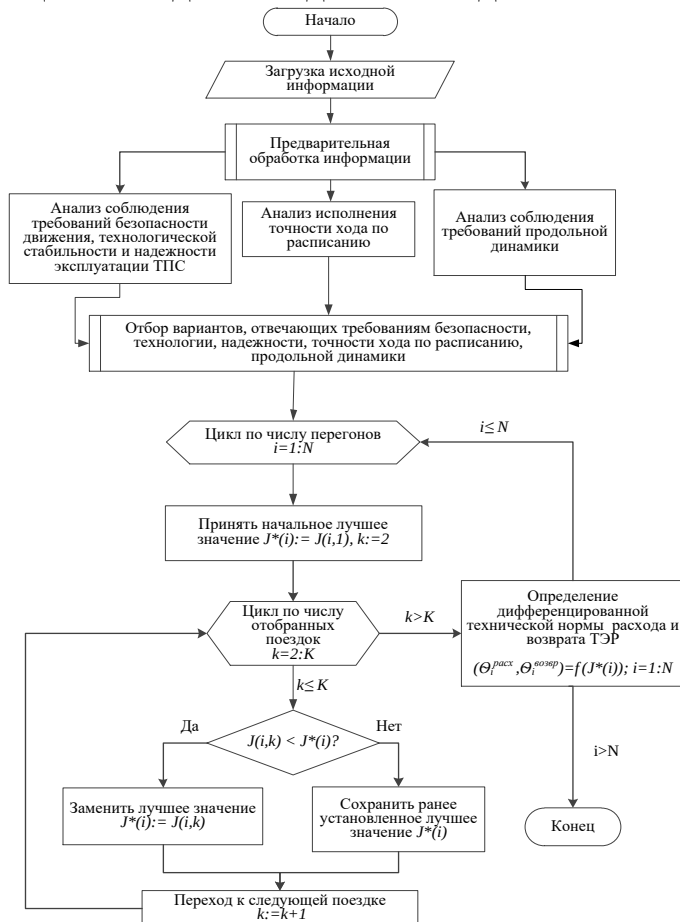


Рисунок 7 – Алгоритм формирования дифференцированных технических норм ТЭР



Рисунок 8 – Алгоритм интеграции методов оценки моделей ведения поезда в технологию технического обучения

Представим описание рассматриваемого оптимального процесса движения поезда в виде рекуррентной формулы динамического программирования в дискретной форме:

$$S_{N-k}(y_{N-k}) = \min_{u_{N-k} \in Q(u)} \{F(y_{N-k}, u_{N-k}) + S_{N-k+1}[y_{N-k} + f(y_{N-k}, u_{N-k})]\}, \quad (13)$$

$$Q = \sum_{k=0}^{N-1} F(y_k, u_k) + \varphi(y_N), \quad (14)$$

где N – общее число шагов; k – текущий шаг; y – вектор координат объекта; u – управление; S – состояние системы; Q – функционал качества, f – вектор-функция, описывающая динамику процесса.

Согласно принципу оптимальности Р. Беллмана оптимальная стратегия управления не зависит от «предыстории системы», а определяется её состоянием в настоящий момент и целью управления. В данном контексте рассмотрим систему управления с обратной связью, в которой накопленный опыт локомотивных бригад используется для актуализации технических норм и повышения эффективности ведения поездов. При этом предполагается, что эффективность управления в общем случае зависит от установленных норм, поскольку именно они определяют для машинистов ориентиры в части допустимого уровня потребления или экономии энергии:

$$S_{N-k}(y_{N-k}) = \min_{\substack{u_{N-k} \in Q(u) \\ u = u(\Theta)}} \{F(y_{N-k}, u_{N-k}(\Theta)) + S_{N-k+1}[y_{N-k} + f(y_{N-k}, u_{N-k}(\Theta))]\}, \quad (15)$$

$$Q = \sum_{k=0}^{N-1} F(y_k, u_k(\Theta)) + \varphi(y_N), \quad (16)$$

где Θ – установленные дифференцированные технические нормы.

На основе лучших по энергетическим показателям поездов были разработаны режимно-информационные карты, регламентирующие параметры ведения поездов с соблюдением требований безопасности, надёжности, технологии, точности хода по расписанию, продольной динамики.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Проведённые обзор и анализ показали, что ключевыми приоритетами для железнодорожного транспорта являются обеспечение безопасности, надёжности и энергоэффективности при эксплуатации подвижного состава, а также минимизация влияния человеческого фактора. Установлено, что для объективной и комплексной оценки соблюдения технологии эксплуатации подвижного состава необходимо сочетать использование аналитических методов с данными бортовых систем регистрации параметров эксплуатации локомотивов.

2. Разработана и апробирована универсальная методика комплексной оценки и выбора моделей ведения поезда, основанная на интеграции аналитических методов и нечётко-логического анализа данных бортовых систем и АСУ ЖТ, что обеспечивает объективность и воспроизводимость результатов, возможность сопоставления ручных, автоматизированных и комбинированных моделей ведения поезда, а также формирование рейтингов их эффективности по совокупности критериев (энергоэффективность, безопасность движения,

точность хода по расписанию, продольная динамика). Предложенный подход формирует основу для дальнейшей интеграции методик анализа и обучения в автоматизированные и интеллектуальные системы управления локомотивами, соответствует современным задачам цифровизации железнодорожного транспорта и позволяет существенно повысить эффективность эксплуатации ТПС.

3. Разработана комплексная имитационная модель поезда посредством синтеза ПК «Универсальный механизм» и MATLAB/Simulink, позволяющая с высокой точностью, за счёт использования технических характеристик завода-изготовителя подвижного состава, исследовать влияние реализуемой модели ведения поезда на энергоэффективность, безопасность и динамику подвижного состава, что обеспечивает возможность практического применения результатов моделирования в системе эксплуатации локомотивов.

4. Проведена комплексная оценка эксплуатационных данных и различных моделей ведения поезда, реализуемых в условиях реальной эксплуатации, с использованием разработанных методики и комплексной имитационной модели поезда. Установлено, что отклонения фактического потребления топливно-энергетических ресурсов от нормативного уровня могут составлять до 20 % как в сторону экономии, так и перерасхода, что имеет принципиальное значение для разработки критериев объективной оценки технологий эксплуатации и формирования научно обоснованных рекомендаций по повышению энергоэффективности. Подтверждено, что применение данных бортовых систем регистрации параметров движения обеспечивает высокую точность анализа эксплуатационных режимов и служит основой для построения энергоэффективных моделей управления локомотивом (моделей ведения поезда).

5. Проведённые экспериментальные исследования подтвердили, что возможно реализовать различные модели ведения поезда, которые существенно отличаются по технологии эксплуатации, энергоэффективности и продольно-динамическим реакциям подвижного состава. Доказана возможность выбора и реализации рациональной модели ведения поезда в зависимости от заданного приоритетного критерия с применением разработанной автором методики оценки и выбора модели ведения поезда.

6. Методика оценки и выбора модели ведения поезда использована при разработке энергооптимальных режимно-информационных карт, которые апробированы в эксплуатационных локомотивных депо Северо-Кавказской дирекции тяги, что позволило по сравнению с типовым режимом автоведения снизить удельный расход ТЭР на 15,7 %, минимизировать продольные рывки (не более 0,39 м/с³) и увеличить долю следования в режиме рекуперации на 13,35 процентного пункта.

7. Экспериментальные исследования, проведённые на полигоне железной дороги с пассажирскими поездами, подтвердили практическую ценность и эффективность разработанной методики оценки моделей ведения поезда, а их результаты послужили основой для разработки эффективных и безопасных приёмов вождения поездов и корректировки норм расхода энергоресурсов, что позволило обеспечить целенаправленное совершенствование технологии эксплуатации ТПС в эксплуатационных локомотивных депо Северо-Кавказской дирекции тяги.

Рекомендации и перспективы дальнейших исследований по теме диссертации. Продолжение дальнейших исследований направлено на развитие предложенных методов обработки и анализа регистрируемых параметров локомотива и расширение области их практического применения. К перспективным направлениям относятся: разработка адаптивных методов определения весовых коэффициентов критериев комплексной оценки с применением технологий машинного обучения; интеграция разработанной методики в цифровые и автоматизированные системы управления эксплуатацией ТПС; совместный анализ данных средств регистрации параметров движения, диагностики и мониторинга технического состояния локомотива; развитие методов формирования персонализированных программ технического обучения локомотивных бригад; применение полученных результатов для оценки и совершенствования алгоритмов автоматизированного ведения поездов; расширение экспериментальной базы за счёт различных серий ТПС, категорий поездов, участков обращения и условий эксплуатации.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

*Публикации в рецензируемых научных журналах,
рекомендованных ВАК и в международных базах Scopus и WoS*

1. **Харченко, П. А.** Методический подход к повышению эффективности эксплуатации тягового подвижного состава на основе информации о выполненных поездках / П. А. Харченко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2 (102). – С. 134-141. – DOI 10.46973/0201-727X_2026_2_134.
2. **Харченко, П. А.** Совершенствование системы и технологии эксплуатации подвижного состава на основе анализа информации средств регистрации параметров движения, диагностики и мониторинга технического состояния локомотива / П. А. Харченко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1(97). – С. 201-210. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_1_201.
3. **Харченко, П. А.** Методика оценки комфортности перевозки пассажиров железнодорожным транспортом для минимизации рисков связанных с человеческим фактором в процессе ведения поезда / П. А. Харченко // Транспортное машиностроение. – 2024. – № 4(28). – С. 45-56. – DOI 10.30987/2782-5957-2024-4-45-56.
4. Человеко-машинное взаимодействие в технологическом процессе ведения поезда / К.И. Юренко, П.А. Харченко // Вестник Всероссийского научно-исследовательского и проектно-конструкторского института электровозостроения. – 2018. – № 1-2(79). – С. 135-146.
5. **Харченко, П. А.** Разработка компьютерной модели пассажирского поезда на основе данных современных средств регистрации параметров движения / П. А. Харченко, Н. В. Гребенников // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2016. – № 2(62). – С. 38-46.
6. Проблемно-ориентированный эволюционный алгоритм для оптимизации режимов ведения поезда / А. Н. Савоськин, К. И. Юренко, П. А. Харченко, И. К. Юренко // Известия Транссиба. – 2022. – № 1(49). – С. 122-132.
7. **Юренко, К. И.** Исследование энергоэффективных режимов ведения поезда с помощью имитационно-оптимизационной модели / К. И. Юренко, П. А. Харченко, Е. И. Фандеев // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 4(51). – С. 1-18.
8. **Юренко, К. И.** Анализ модели управляющей деятельности машиниста локомотива и разработка методики оценки его профессиональных компетенций на основе нечёткой логики / К. И. Юренко, П. А. Харченко // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 2(49). – С. 1-18.

9. Synthesis of a Neuro-Fuzzy Model in the Structure of an Automatic Rolling Stock Control System / K. Yurenko, E. Fandeev, P. Kharchenko, I. Yurenko // *Studies in Systems, Decision and Control*. – 2022. – Vol. 417. – P. 121-132. – DOI 10.1007/978-3-030-95116-0_10.

10. Train operation control on-based of logical-linguistic model / K. I. Yurenko, P. A. Kharchenko, E. I. Fandeev, I. K. Yurenko // *Austrian Journal of Political Science*. – 2019. – Vol. 19, No. 22. e4. – P. 1-8 – DOI 10.4108/eai.13-7-2018.156388.

11. Yurenko, K. Algorithm of random search in the optimal-terminal control of a multi-mode moving object / K. Yurenko, P. Kharchenko, I. Yurenko // *Proceedings - 2021 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2021, Sochi, 17–21 мая 2021 года*. – Sochi, 2021. – P. 561-565.

12. Yurenko, K. Investigation of optimal train movement modes by means of simulation modeling / K. Yurenko, E. Fandeev, P. Kharchenko // *2018 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2018, Sochi, 09–16 сентября 2018 года*. – Sochi, 2018. – P. 1-6. – DOI 10.1109/RUSAUTOCON.2018.8501812.

13. **Grebennikov, N.** Development of a computer model of a passenger train using data from devices for train operation parameters registration / N. Grebennikov, P. Kharchenko // *Proceedings - 2021 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2021, Sochi, 17–21 мая 2021 года*. – Sochi, 2021. – P. 908-913.

14. Yurenko, K. I. Hybrid Evolutionary Algorithm for Optimizing the Control of a Multi-mode Moving Object / K. I. Yurenko, P. A. Kharchenko, I. K. Yurenko // *Lecture Notes in Networks and Systems*. – 2022. – Vol. 330 LNNS. – P. 619-628. – DOI 10.1007/978-3-030-87178-9_61.

Патенты

15. Патент № 2739552 С1 Российская Федерация, МПК В60L 15/20, В61С 15/08. Устройство для регулирования силы тяги и торможения электроподвижного состава при автоматическом управлении : № 2019130826 : заявл. 01.10.2019 : опубл. 25.12.2020 / К. И. Юренко, И. К. Юренко, В. Г. Щербаков, П. А. Харченко ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-технический центр "Интеллектуальные информационно-управляющие системы, мехатроника и кибербезопасность" (ООО "НТЦ "КИБЕРИНТЕЛЛС").

Публикации в других изданиях

16. **Харченко, П. А.** Повышение энергетической эффективности эксплуатационных локомотивных депо на основе анализа алгоритмов ведения поезда посредством системы регистрации параметров движения и автоведения и принятия управленческих и технических решений / П. А. Харченко // *Труды Ростовского государственного университета путей сообщения*. – 2014. – № 3. – С. 65-70.

17. **Юренко, К. И.** Взаимодействие «машинист-локомотив» в процессе управления движением поезда / К. И. Юренко, П. А. Харченко // *Транспорт и логистика: инновационная инфраструктура, интеллектуальные и ресурсосберегающие технологии, экономика и управление : Сборник научных трудов II международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 07–08 февраля 2018 года*. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2018. – С. 185-189.

18. **Харченко, П. А.** Оптимизация алгоритмов автоведения пассажирских поездов на основе анализа ситуационной модели управленческой деятельности машиниста / П. А. Харченко // *Транспорт-2015 : труды международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 21–24 апреля 2015 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. Том Часть 2*. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2015. – С. 279-281.

19. Юренко, К. И. Исследование нейро-нечётких моделей в задачах автоматизации управления движением поезда / К. И. Юренко, П. А. Харченко // *Применение и развитие нейросетевого моделирования для решения фундаментальных задач в науке и технике : Материалы Международной молодежной научно-практической конференции, Новочеркасск, 03–04 декабря 2018 года*. – Новочеркасск: ООО «Лик», 2018. – С. 25-26.

20. Синтез нейро-нечёткой модели в структуре системы автоматического управления подвижным составом / К. И. Юренко, П. А. Харченко, Е. И. Фандеев, И. К. Юренко // Математические методы в технологиях и технике. – 2021. – № 4. – С. 126-133. – DOI 10.52348/2712-8873_ММТТ_2021_4_126.

21. Системный подход в задаче оптимизации управления движением поезда / К. И. Юренко, П. А. Харченко, Е.И. Фандеев, И.К. Юренко // Системный анализ, управление и обработка информации : тр. VIII междунар. конференции (п. Дивноморское, 8 – 13 октября 2017 г.); Донской гос. техн. ун-т. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2017. – Т. 1 – С. 30–37.

22. **Юренко, К. И.** Анализ, исследование и разработка математического, алгоритмического и программного обеспечения для оптимизации режимов ведения поезда / К. И. Юренко, П. А. Харченко // Применение и развитие нейросетевого моделирования для решения фундаментальных задач в науке и технике : Материалы Международной молодежной научно-практической конференции, Новочеркасск, 03–04 декабря 2018 года. – Новочеркасск: ООО «Лик», 2018. – С. 52-61.

23. **Харченко, П. А.** Оценка профессиональных компетенций машинистов локомотивов с использованием данных бортовых регистраторов параметров движения / П. А. Харченко, К. И. Юренко // Сборник научных трудов «Транспорт: наука, образование, производство» : Сборник трудов Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 17–20 апреля 2018 года. Том 3. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2018. – С. 215-219.

24. **Харченко, П. А.** Критерии оценки управляющей деятельности машиниста на основе данных бортовых регистраторов параметров движения / П. А. Харченко, К. И. Юренко // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России : Сборник научных трудов, Ростов-на-Дону, 01–02 марта 2018 года. Том 1. – Ростов на Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2018. – С. 91-94.

25. **Харченко, П. А.** Проблемы энергоэффективности и безопасности при эксплуатации современного подвижного состава / П. А. Харченко, К. И. Юренко // Транспорт: наука, образование, производство : Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 18–21 апреля 2017 года. Том 1. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2017. – С. 284-288.

26. **Харченко, П. А.** Повышение уровня безопасности движения поездов и энергоэффективности перевозочного процесса путём совершенствования методов и моделей поддержания компетентности персонала / П. А. Харченко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 4(61). – С. 123-131.

27. **Юренко, К. И.** «Умный локомотив» как элемент интегрированной системы «Цифровая железная дорога» / К. И. Юренко, П. А. Харченко, И. К. Юренко // Вестник молодёжной науки России. – 2019. – № 1. – С. 1-8.

28. **Харченко, П. А.** Повышение безопасности, качества и энергоэффективности перевозочного процесса на железнодорожном транспорте / П. А. Харченко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4(65). – С. 125-132.

29. **Юренко, К. И.** Исследование эволюционного алгоритма для решения задачи оптимального управления многорежимным подвижным объектом / К. И. Юренко, П. А. Харченко // Технологии разработки информационных систем ТРИС-2021 : материалы XI Международной научно-технической конференции, пгт. Коктебель, 18–25 сентября 2021 года. – Таганрог: Южный федеральный университет, 2021. – С. 49-57.

30. **Харченко, П. А.** Анализ и пути оптимизации характеристик продольных колебаний вагонов в пассажирских поездах, управляемых универсальной системой автоведения / П. А. Харченко, Д. Е. Притыкин // Транспорт: наука, образование, производство : труды международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 12–15 апреля 2016 года / Ростовский государственный университет путей сообщения; Председатель организационного комитета конференции А.Н. Гуда. Том 2. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2016. – С. 182-186.

31. **Гребенников, Н. В.** Разработка компьютерной модели тягового электропривода пассажирского электровоза ЭП1М / Н. В. Гребенников, П. А. Харченко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 4(53). – С. 35-40.

32. **Гребенников, Н. В.** Определение энергетических параметров при ведении поезда / Н. В. Гребенников, П. А. Харченко // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 19–21 апреля 2021 года. Том 2. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 193-197.

33. Метаэвристический алгоритм оптимизации режимов ведения поезда / К. И. Юренко, В. Г. Щербаков, П. А. Харченко, Е. И. Фандеев // Технологии разработки информационных систем ТРИС-2019 : Материалы IX Международной научно-технической конференции, Геленджик, 06–13 сентября 2019 года. Том 1. – Геленджик: Южный федеральный университет, 2019. – С. 146-153.

34. **Юренко, К. И.** Методы энергооптимального управления движением поезда / К. И. Юренко, П. А. Харченко // Транспорт: наука, образование, производство : Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 18–21 апреля 2017 года. Том 1. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2017. – С. 301-305.

Харченко Павел Алексеевич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ СРЕДСТВ РЕГИСТРАЦИИ
ПАРАМЕТРОВ ЛОКОМОТИВА**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук
Подписано к печати 30.09.2026. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,34.
Тираж 100 экз. Заказ № 141.

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

Адрес университета: 344038, Ростовская область, г.о. город Ростов-на-Дону,
г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, зд. 2,
www.rgups.ru.