

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук, профессора Памфилова Евгения Анатольевича
на диссертационную работу Харламова Павла Викторовича
«Повышение эффективности системы путь – подвижной состав
термометаллоплакированием фрикционных поверхностей колеса и рельса»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по
специальностям 2.5.3 – «Трение и износ в машинах» и 2.9.3 (05.22.07) -
«Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация»

1. Актуальность темы диссертационного исследования.

Рассматриваемая работа посвящена исследованию особенностей взаимодействия колес подвижного состава с рельсами. В основу научного подхода, использованного автором, положены методы физико-математического моделирования, идентификации процессов трения, а также исследования состояния трибологических поверхностей на макро- и микроуровнях. Такой подход позволил получить корректное отображение динамических свойств исследуемых объектов в параметрах, доступных измерению. Использование же динамического мониторинга позволяет прогнозировать возможность возникновения критического состояния взаимодействия колеса с рельсом и установить основные закономерности управления коэффициентом сцепления.

Для решения задач обеспечения стабильности фрикционного взаимодействия колес и рельсов тягового подвижного состава в работе развиваются технические средства активации фрикционных связей на основе методов модификации активных объемов зоны фрикционного взаимодействия. Учтено также, что для эффективной защиты рельсов и колесных пар локомотивов и следующих за ними вагонов в последнее время стали применять твердые смазочные покрытия и системы автоматизированной подачи антифрикционных сред в зону трения.

Вместе с тем, принималось во внимание, что проблема разработки методов и материалов нанесения износостойких модифицированных покрытий на металлические поверхности остается востребованной в части выполнения научного поиска, осуществляемого с учетом сложной динамики взаимодействия колесных пар с рельсами, нелинейных процессов на трибоконтате и достоверной оперативной информации о техническом состоянии трибосопряжения. Это во многом определяет эффективность, безопасность, надежность и ресурс подвижного состава. Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой актуальности представленной работы.

Также можно уверенно полагать, что сформулированная автором цель диссертационных исследований и поставленные им задачи, позволяют уверенно отнести рассматриваемую работу к специальностям 2.5.3 – «Трение и износ в машинах» и 2.9.3 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация».

Соответственно считаю, что диссертационная работа Харламова П.В. посвящена решению важных теоретических и практических задач, направленных на повышение надёжности и безопасности ответственных фрикционных систем железнодорожного транспорта, что обуславливает ее актуальность.

Представленная на отзыв диссертационная работа включает в себя введение, пять глав, общие выводы, библиографический список из 232 источников и 7 приложений, в том числе 51 таблица и 305 рисунков. Основное содержание изложено на 344 страницах текста, общий объем работы составляет 468 страниц.

2. Научная новизна результатов работы.

Научная новизна работы заключается в обосновании теоретических и экспериментальных исследований на макро- и микроскопическом уровнях по влиянию металлоплакирования на процессы трения, изнашивания и механизмы самоорганизации за счет структурной приспособляемости, а также разработке на этой основе методов повышения энергоэффективности тягового подвижного состава за счет управления процессами трения, протекающими в контакте «колесо-рельс».

Наиболее значимые результаты:

1. Разработка основ теоретического прогнозирования параметров трибоспектральной идентификации процессов трения и динамического мониторинга изменений упруго-диссипативных характеристик. Предложенное и обоснованное математическое выражение безразмерного коэффициента демпфирования, что позволяет во время наблюдения выявлять в октавных диапазонах частот тренды изменения упругих, инерционных и диссипативных свойств фрикционного взаимодействия функциональных поверхностей достаточно сложных узлов трения.

2. Предложенная на основе анализа трендов изменения упруго-диссипативных характеристик фрикционного взаимодействия методология идентификации трибологических процессов в зонах фрикционного контакта колеса тягового подвижного состава с рельсом, что позволяет контролировать в конкретных ситуациях выходные трибохарактеристики и прогнозировать аномальные явления, например, срыв сцепления.

3. Предложенная на базе анализа трендов изменения упруго-диссипативных характеристик фрикционного взаимодействия колеса тягового подвижного состава с рельсом оригинальная методика формирования функциональных вторичных структур на рабочих поверхностях бандажа колес тягового подвижного состава способом термометаллоплакирования.

4. На основе использования физико-химического подхода и квантово-химического анализа уточнен механизм и кинетика образования вторичных структур, формируемых в процессе фрикционного их переноса на поверхности контртела, что позволяет обосновать применение эффективных металлоплакирующих материалов для модифицирования фрикционных поверхностей колес тягового подвижного состава.

5. С помощью метода рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) и системы анализа поверхности SPECS показано, что во вторичных структурах помимо зарегистрированных $C 1s$, $O 1s$ и $Al 2p$ спектров происходит образование окисленных атомов железа и Al_2O_3 . Кроме того установлено, что содержание железа на исходной поверхности трения и на модифицированной поверхности после ионного травления отличается в десятки раз. Это указывает на то, что пленка из Al_2O_3 снижает диффузию кислорода из внешней среды в поверхность катания колеса.

6. На основе теоретических и лабораторных исследований разработаны новые способы металлоплакирования и динамического мониторинга процессов сцепления колесных пар подвижного состава в режиме тяги, защищенные патентами РФ.

3. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обусловлена тем, что для достижения поставленной цели и решения обозначенных задач применялись проверенные подходы классической теории колебаний, математической статистики и планирования эксперимента, физико-математического n -вариантного моделирования, трибоспектральной идентификации процессов трения, частотных передаточных функций, динамического мониторинга трибологических процессов, квантово-химических расчетов с применением системы анализа поверхности SPECS для рентгеноэлектронной и оже-электронной спектроскопии.

Достижению высокой достоверности рекомендаций работы также способствовало применение сертифицированного измерительного оборудования и программного обеспечения в качестве инструментальных средств, что позволило обеспечить высокую достоверность проведенных исследований.

Положительным явилось и применение современного исследовательского оборудования, такого как машина трения типа Амслер (ИИ-5018), система анализа поверхности, сканирующий (растровый) электронный микроскоп с приставкой энергодисперсионного анализатора, уникальный лабораторный комплекс «путь-подвижной состав». С его помощью осуществлялось физическое моделирование взаимодействия подвижного состава и пути, анализ поверхностей трения с помощью рентгеновской и оже-электронной спектроскопии. В результате обеспечивалась высокая достоверность экспериментальных исследований на лабораторных, макетных и натуральных образцах и была подтверждена корректность полученных теоретических результатов.

Соответственно, достоверность полученных результатов убедительно подтверждается корректностью разработанных моделей, целесообразным использованием положений фундаментальных наук, сходимостью результатов теоретических исследований с данными эксплуатации принятых для исследований фрикционных подсистем железнодорожного транспорта, а также успешной апробацией их на полигоне Северо-Кавказской железной дороги, филиале ОАО РЖД. Достоверность новизны технических решений подтверждается полученными патентами РФ

в областях испытаний узлов трения, динамического мониторинга мобильных нелинейных технических систем, термоплакирования стальных поверхностей трения.

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

Рассмотренные в диссертации вопросы научного обоснования результатов выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований на макро- и микроскопическом уровнях по влиянию металлоплакирования на процессы трения, изнашивания и механизмы самоорганизации за счет структурной приспособляемости, а также разработка на этой основе методов повышения энергоэффективности тягового подвижного состава, за счет управления процессами трения, протекающими в контакте «колесо-рельс» с учетом информации о его динамике представляются корректными и убедительными.

То же относится и к исследованиям, анализу и сопоставлению результатов расчета с использованием математической модели «путь – подвижной состав» и частотно-временной модели с помощью критериев Фишера и Стьюдента, которые позволили установить, что применение линейной теории автоматизированного управления, в частности прямых и косвенных критериев качества, к методу трибоспектральной идентификации нелинейных процессов трения представляются вполне возможными в условиях реализации малых вариаций нелинейной модели.

В работе установлены надёжные закономерности, позволившие обоснованно уточнить методику расчета безразмерного коэффициента демпфирования фрикционной механической системы, что позволяет во времени наблюдения идентифицировать в октавных диапазонах частот тренды изменения упруго-диссипативных свойств фрикционного взаимодействия.

Существенным достоинством диссертационной работы является применение современных методов научных исследований с использованием квантово-химических расчетов, моделирования и использования широкого спектра современного научного лабораторного и экспериментального оборудования, с применением системы анализа поверхности трения с помощью рентгеновской и оже-электронной спектроскопии.

Положительным фактором является реализация метода физико-математического моделирования определённого автором условия динамического подобия наблюдаемых продольных и поперечных сил крипа, что позволило разработать критерии подобия тяговой мощности и контактного давления, которые позволили перенести результаты модельных исследований на натуральный объект с эквивалентными фрикционными характеристиками.

На основании выполненных исследований обосновано применение металлоплакирующих материалов для стабильного формирования равновесной шероховатости функциональной поверхности колеса локомотива и снижения его износа в процессе эксплуатации.

Также установлена совокупность параметров для осуществления динамического мониторинга фрикционных систем с учетом реализации многообразия физико-химических и упруго-диссипативных характеристик рассматриваемых сложных трибосистем.

Вышеизложенное обусловило возможность практического использования теоретических разработок автора, что, в свою очередь, подтверждает обоснованность выполненных теоретических предпосылок. Кроме того, их корректность подтверждается и удовлетворительным совпадением результатов экспериментальных исследований с эксплуатационными наблюдениями.

5. Теоретическая и практическая значимость работы.

Выполненные исследования технического состояния узла трения модели взаимодействия колеса тягового подвижного состава с рельсами показали, что использование теоретических основ трибоспектральной идентификации процессов трения и динамического мониторинга изменений упруго-диссипативных и динамических характеристик позволяет выявить наиболее коррелируемые диапазоны частот колебаний фрикционно-механической системы. Внедрение способа мониторинга узлов трения на основе метода трибоспектральной идентификации позволяет идентифицировать изменение градиента физико-механических свойств фрикционного взаимодействия и прогнозировать остаточный ресурс их работы до наступления сухого контакта.

Практическая значимость результатов диссертации заключается в должном развитии и использовании методов динамического мониторинга фрикционных систем, что позволяет решать прикладные задачи их диагностики, неразрушающего контроля, краткосрочного или долгосрочного прогнозирования изменений их состояний, что повышает безопасность эксплуатации подвижного состава. Соответственно, к наиболее значимым практическим результатам работы можно указать следующие положения:

1. Выявление механизмов фрикционного переноса материалов и формирования вторичных покрытий с анизотропными свойствами с использованием современных методов динамического мониторинга и трибоспектральной идентификации процессов трения, акустической эмиссии, что обеспечивает создание информационной базы для разработки новых высокоэффективных модификаторов трения, а для исключения термических повреждений поверхностей трения с использованием октавного анализа энергетических потерь во фрикционном контакте обеспечит управление нагрузочно-скоростными условиями эксплуатации различных фрикционных подсистем, Это, в свою очередь, способствует повышению энергоэффективности эксплуатации тягового подвижного состава.

2. Для осуществления мониторинга фрикционных систем в части непрерывного сбора информации об их динамических параметрах, а также для прогнозирования динамического состояния механической системы и, в частности, в зонах фрикционного контакта, управления его динамическими свойствами

разработан способ оценки состояния трибосистемы по анализу коэффициентов корреляции и конкордации, однозначно характеризующих многообразие состояний механической системы.

3. Обоснованы условия целесообразного применения металлоплакирующих материалов для формирования равновесной шероховатости тяговой поверхности колеса локомотива, стабилизации сил продольного и поперечного крипа и тяговой мощности.

4. На основе анализа изменения характеристик фрикционного взаимодействия рассматриваемого узла трения предложен метод идентификации трибологических процессов во фрикционном контакте колеса тягового подвижного состава с рельсом, что позволяет контролировать триботехнические характеристики и прогнозировать аномальные состояния, например, явление срыва сцепления.

Методики представленные в диссертационной работе, вошли в соответствующие разделы учебников для ряда специальностей и направлений различных уровней подготовки специалистов.

6. Полнота публикаций.

Результаты диссертационного исследования достаточно полно представлены в публикациях соискателя. Основные материалы диссертации опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, в изданиях, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science, а также опубликованы 3 монографии, 3 учебника, получено 8 патентов РФ на изобретения.

Все опубликованные работы соискателя соответствуют требованиям, предъявляемым к публикациям основных научных результатов диссертационных работ, предусмотренным Положением о присуждении ученых степеней (п.п.11;13;14)..

7. Соответствие автореферата диссертации.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации, охватывает все её разделы и отвечает всем требованиям ВАК РФ.

8. Соответствие диссертации паспортам научных специальностей.

Диссертационная работа Харламова Павла Викторовича в полной мере соответствует паспортам заявленных автором научных специальностей, а именно, следующим пунктам областей научных исследований.

Специальность 2.5.3 (05.02.04) - «Трение и износ в машинах»:

-п. 7 - Триботехнические свойства материалов, покрытий и модифицированных поверхностных слоев.

-п. 10 - Физическое и математическое моделирование трения и изнашивания.

Специальность 2.9.3 (05.22.07) - «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация»:

-п. 10 - Взаимодействие подвижного состава и пути. Системы, средства и

материалы, снижающие износ элементов пути и ходовых частей подвижного состава и повышающие безопасность движения.

9. Замечания по диссертационной работе.

1. В тексте диссертации нередко используются многословные предложения, что осложняет восприятие и понимание некоторых аспектов её содержания.
 2. В разделах работы неоднократно упоминается «анализ «третьоктавных диапазонов частот». Думаю, что полезным было бы разъяснение этого термина, часто используемого автором.
 3. При проведении квантово-химических расчетов анализируемая система представлена состоящей из пяти слоев (страницы 83-90), т.е. рассматривается взаимодействие ювенильных поверхностей. Поэтому желательно разъяснение, насколько корректно такое представление рассматриваемых полиметаллических систем, особенно с учётом того, что на поверхностях железа и алюминия почти всегда присутствуют окислы этих металлов.
 4. На страницах 168-176 диссертационной работы представлены примеры расчетов масштабов и критериев подобия. Вместе с тем, не вполне ясно, с какой целью рассчитаны представленные критерии подобия? Как используются предлагаемые автором критериальные соотношения для обоснования и разработки предлагаемого модификатора трения.
 5. Из анализа спектров элементного состава в исследуемых точках образцов, представленного на страницах 197-269 не понятно, с какой точностью были определены концентрации элементов на поверхности.
 6. Из текста работы не понятно, проводилась ли оценка закономерностей формирования и ресурса работы образующихся на поверхностях трения вторичных структур, при использовании предлагаемого модификатора трения.
 7. На страницах 272-273 представлен анализ спектров изнашиваемых поверхностных слоёв, полученных методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, однако неясно, как можно объяснить наличие достаточно большого количества углерода на исходной поверхности образца, по сравнению с той же поверхностью после ионного травления.
 8. Полагаю, что для более полной систематизации содержания работы было бы полезным дать в ней критическую оценку зарубежных литературных и патентных источников в рассматриваемой сфере исследований.
 9. Из текстов диссертационной работы и автореферата не вполне ясно, выполнялись ли сравнительные исследования возможностей альтернативных методов формирования упрочняющих функциональных слоёв пар трения.
- Однако приведенные замечания не снижают общую позитивную оценку диссертационной работы, которая в целом важна и актуальна. Замечания носят частный характер и не влияют на ценность и значимость полученных результатов.

10. Заключение.

Диссертационная работа Харламова Павла Викторовича «Повышение эффективности системы путь – подвижной состав термометаллоплакированием фрикционных поверхностей колеса и рельса», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям 2.5.3 (05.02.04) – «Трение и износ в машинах» и 2.9.3 (05.22.07) «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация», представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную автором самостоятельно на высоком уровне, в которой содержатся новые научные результаты и технологические решения в области динамического мониторинга фрикционных систем железнодорожного транспорта, использование которых вносит значительный вклад в ускорение научно-технического прогресса в транспортном комплексе России.

Работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждении ученых степеней» (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013г.), в том числе критериям, сформулированным в п. 9-14. На основании вышеуказанного считаю, что автор – Харламов Павел Викторович, заслуживает присуждение ученой степени доктора технических наук по специальностям 2.5.3 – «Трение и износ в машинах» и 2.9.3 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация».

Официальный оппонент

Памфилов Евгений Анатольевич,
Заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Триботехническое
материаловедение и технологии материалов»
ФГБОУ ВО «Брянский государственный
технический университет»
(ФГБОУ ВО БГТУ)

Памфилов Евгений Анатольевич

Адрес: 241035, Россия, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7.

тел. +7(905) 1001751

адрес электронной почты: epamfilov@yandex.ru

