

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

44.2.005.01, созданного на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (РОСЖЕЛДОР), по диссертации на соискание ученой степени доктора наук

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 16.05.2022 № 3

О присуждении Харламову Павлу Викторовичу, Российская Федерация, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Повышение эффективности системы «путь-подвижной состав» термометаллоплакированием фрикционных поверхностей колеса и рельса» по специальностям 2.5.3. «Трение и износ в машинах»; 2.9.3 (05.22.07) «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация» принята к защите 04.02.2022 г., протокол №1, диссертационным советом 44.2.005.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (РОСЖЕЛДОР), далее – ФГБОУ ВО РГУПС, 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2. (Приказ Минобрнауки РФ № 561/нк от 03.06.2021).

Соискатель Харламов Павел Викторович, 15 сентября 1982 года рождения, диссертацию «Трибоспектральная идентификация и прогнозирование критического состояния подсистемы «тормозной диск-колодка» автомобиля» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.04 – «Трение и износ в машинах» защитил в 2009 году в диссертационном совете, созданном на базе Ростовского государственного университета путей сообщения. Работает в должности доцента кафедры «Транспортные машины и триботехника» ФГБОУ ВО РГУПС (РОСЖЕЛДОР) с 2011 г. по настоящее время.

Диссертация выполнена на кафедре «Транспортные машины и триботехника» ФГБОУ ВО РГУПС.

Научные консультанты: Колесников Игорь Владимирович, доктор технических наук, профессор РАН, заведующий научно-исследовательской лабораторией «Нанотехнологии и новые материалы» ФГБОУ ВО РГУПС (по специальности 2.5.3. «Трение и износ в машинах»); Шаповалов Владимир Владимирович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Транспортные машины и триботехника» ФГБОУ ВО РГУПС (по специальности 2.9.3 (05.22.07) «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация»).

Официальные оппоненты:

- Памфилов Евгений Анатольевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Триботехническое материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», г. Брянск;

- Бутенко Виктор Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону;

- Кононов Дмитрий Павлович – доктор технических наук, профессор кафедры «Наземные транспортно-технологические комплексы» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», г. Санкт-Петербург – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова» Российской академии наук

(ИМАШ РАН), г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Буяновским Ильей Александровичем, доктором технических наук, главным научным сотрудником отдела «Трение, износ, смазка. Трибология» и утвержденным Глазуновым Виктором Аркадьевичем, доктором технических наук, профессором, директором ИМАШ РАН указала, что диссертация Харламова Павла Викторовича «Повышение эффективности системы «путь-подвижной состав» термометаллоплакированием фрикционных поверхностей колеса и рельса» является законченной научной квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в теоретическое и методологическое развитие железнодорожного транспорта. Диссертация соответствует ее содержанию и полностью отражает научную новизну и практическую значимость, а опубликованные соискателем работы раскрывают основные положения диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор, Харламов Павел Викторович, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальностям 2.5.3. «Трение и износ в машинах»; 2.9.3 (05.22.07) «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация».

Соискатель имеет 110 опубликованных работ по теме диссертации, из них 26 – в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 10 – в изданиях, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science, опубликованы 3 монографии, 3 учебника, получено 8 патентов РФ на изобретения. Публикации полностью отражают содержание диссертации, имеются ссылки на авторов и источники заимствования.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации включают:

- разработку n-вариантных эквивалентных моделей квазилинейных фрикционных подсистем динамической системы путь - тяговый подвижной состав с заданным уровнем корреляции основных динамических характеристик существенно-нелинейных фрикционных и квазилинейных механических подсистем натуры и модели;

- методологические основы развития идентификации трибологических процессов во фрикционном контакте колеса тягового подвижного состава с рельсом, для контроля выходных трибохарактеристик и прогнозирования аномальных явлений в контакте.

- анализ механизма и кинетики образования вторичных структур фрикционного переноса на поверхности контртела, обоснование применения металлоплакирующих материалов для модифицирования фрикционных поверхностей колес тягового подвижного состава;

- методику формирования функциональных вторичных структур на рабочих поверхностях бандажа колес тягового подвижного состава способом термометаллоплакирования.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Основные публикации:

1. Шаповалов, В.В. Применение методов физико-математического моделирования и трибоспектральной идентификации для мониторинга фрикционных механических систем / В.В. Шаповалов, А.Л. Озябкин, П.В. Харламов //Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2009. – № 5. – С. 49.

2. Озябкин, А.Л. Физико-математическое моделирование фрикционного контакта диско-колодочного тормозного механизма автомобиля / А.Л. Озябкин, П.В. Харламов, А.П. Павлов // Вестник Ростовского государственного университета путей со-

общения. – 2009. – № 1. – С. 15–22.

3. Харламов П.В. Повышение оперативности срабатывания антиблокировочных систем на основе метода трибоспектральной идентификации / П.В. Харламов // Инженерный вестник Дона. – 2009. – № 3 (9). – С. 47-58.

4. Шаповалов, В.В. Применение методов физико-математического моделирования и трибоспектральной идентификации для мониторинга фрикционных механических систем / В.В. Шаповалов, А.Л. Озябкин, П.В. Харламов // Вестник машиностроения. – 2009. – № 5. – С. 49–57.

5. Окулова Е.С. Метод оценки трибологических и трибоспектральных характеристик наноструктурированного смазочного материала для открытых тяжело нагруженных узлов трения / Е.С. Окулова, П.В. Харламов, Е.А. Мантурова, В.М. Кутняхов // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2011. – № 10. – С. 42-48.

6. Озябкин, А.Л. Мониторинг триботермодинамики фрикционного контакта мобильной трибосистемы / А.Л. Озябкин, И.В. Колесников, П.В. Харламов // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2012. – № 3. – С. 25–36.

7. Колесников И.В. Организация мониторинга динамических процессов, протекающих в мобильных трибосистемах / И.В. Колесников, П.В. Харламов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2012. – № 1 (165). – С. 98-104.

8. Зиновьев В.Е. Влияние микротрещин, скрытых дефектов и остаточных напряжений полимерного клеевого слоя на его разрушение / В.Е. Зиновьев, П.В. Харламов // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12-1. – С. 37-42.

9. Зиновьев В.Е. Анализ типовых дефектов вышедших из строя деталей неподвижных сопряжений транспортных средств / В.Е. Зиновьев, П.В. Харламов // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 1-1 (33). – С. 15.

10. Шаповалов В.В. Основы моделирования и мониторинга фрикционных систем с учётом синергетического подхода / В.В. Шаповалов, А.Л. Озябкин, И.В. Колесников, П.В. Харламов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2016. – № 4 (64). – С. 57-64.

11. Шаповалов, В.В. Формирование адгезионных связей при контактно-ротапринтном смазывании / В.В. Шаповалов, П.В. Харламов, В.Б. Мищиненко, М.М. Шестаков, Ю.Ф. Мигаль // Трение и износ. – 2017. – Т. 38. – 5. С. – 488-497. DOI: 10.3103/S1068366617050129

12. Shapovalov, V. Improving the energy efficiency of power transmissions of a rolling stock on the basis of dynamic anisotropy of frictional contact / V. Shapovalov, P. Shcherbak, P. Kharlamov, T. Sajamova, D. Ryabysh // E3S Web of Conferences. 2019. С. 01002. DOI: 10.1051/e3sconf/201910401002

13. Shapovalov, V. Express analysis of lubricants properties for dynamically loaded open- and closed-loop units / V. Shapovalov, A. Ozyabkin, P. Kharlamov, V. Mishchenko, J. Sangin, I. Kolesnikov // AIP Conference Proceedings. XV International Scientific-Technical Conference «Dynamics of Technical Systems», DTS 2019. 2019. С. 020012. DOI: 10.1063/1.5138386

14. Shapovalov, V.V. Tribological testing of MI-26T helicopter tail driver couplings/ V.V. Shapovalov, A.L. Ozyabkin, P.V. Kharlamov, V.B. Mischinenko, I.V. Kolesnikov // AIP Conference Proceedings. XV International Scientific-Technical Conference «Dynamics of Technical Systems», DTS 2019. 2019. С. 020013. DOI: 10.1063/1.5138387

15. Shapovalov V. Application of methods physical and mathematical modeling for a research of nonlinear mechanical systems on the example of the rolling stock / V.

Shapovalov, P. Kharlamov, A. Oziabkin, S. Gorin, V. Zinovev, R. Kornienko, A. Mihajluk // AIP Conference Proceedings. XV International Scientific-Technical Conference «Dynamics of Technical Systems», DTS 2019. 2019. С. 020017. DOI: 10.1063/1.5138391

16. Zinoviev V.E. Analysis of factors affecting the strength of fixed bonds assembled using metal-polymer compositions / V.E. Zinoviev, P.V. Kharlamov, N.V. Zinoviev, R.A. Kornienko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 900 (1), 2020, статья № 012009. DOI: 10.1088/1757-899X/900/1/012009

17. Харламов П.В. Мониторинг изменений упруго-диссипативных характеристик для решения задач по исследованию трибологических процессов в системе «железнодорожный путь - подвижной состав» /П.В. Харламов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – №. 1. – С. 122-129.

18. Харламов П.В. Применение физико-химического подхода для изучения механизма образования вторичных структур фрикционного переноса на поверхности контртела /П.В. Харламов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – №. 3. – С. 37-45.

19. Харламов П.В. Исследование образования вторичных структур фрикционного переноса на поверхности стальных образцов при реализации технологии металлоплакирования /П.В. Харламов / Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2021. – № 12. – С. 556-560.

20. Озябкин, А.Л. Повышение эффективности лубрикации в системе «подвижной состав – путь» / А.Л. Озябкин, П.В. Харламов, Э.Э. Фейзов // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 12. – С. 30–34.

21. Озябкин, А.Л. Динамический мониторинг состояния резьбовых соединений тормозных систем вагонов / А.Л. Озябкин, И.В. Колесников, П.В. Харламов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения – 2012. – № 1. – С. 22–28.

22. Повышение эффективности и надёжности мостовых кранов фирмы Demag / М.А. Буракова, А.Л. Озябкин, П.В. Харламов, Е.С. Окулова // Строительные и дорожные машины. – 2012. – № 4. – С. 35–40.

23. Харламов П.В. Исследование вибронгруженности колеса с широкопрофильной шиной / Харламов П.В., Горин С.Л.// Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2012. – № 2 (166). С. 74-76.

24. Мантурова Е.А. Влияние динамики подвижного состава на расход смазочного материала / Е.А. Мантурова, П.В. Харламов, Д.С. Мантуров // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 149.

25. Харламов П.В. Физическое подобие фрикционных подсистем модели подвижного состава / Харламов П.В.// Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2016. – № 4 (192). – С. 77-85.

26. Shapovalov V. Application of tribology theoretical bases for working out of resource-saving systems on railway transportation / V. Shapovalov, A. Lubyagov, P. Kharlamov//Transport Problems. 2017. Т. 12. № 2. С. 137-146. DOI: 10.20858/tp.2017.12.2.13.

27. Shapovalov V. Friction contact control in "wheel - rail" locomotive system / V.V. Shapovalov, P.V. Kharlamov, S.L. Gorin // Procedia Engineering, 206, 2017, pp. 682-687. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.10.537.

28. Шаповалов В.В. Повышение эффективности фрикционной системы «колесо – рельс» / В.В. Шаповалов, П.Н. Щербак, В.М. Богданов, Э.Э. Фейзов, П.В. Харламов, В.А. Фейзова // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2019. – Т. 78. – № 3. – С. 177-182.

29. Shapovalov V.V. Improving the efficiency of the path - Rolling stock system based on the implementation of anisotropic frictional bonds / V.V. Shapovalov, V.I. Kolesnikov, P.V. Kharlamov, R.A. Kornienko, A.M. Petrik // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 900 (1), 2020, статья № 012011. DOI: 10.1088/1757-899X/900/1/012011.

30. Шаповалов, В.В. Металлоплакирование рабочих поверхностей трения пары «колесо – рельс» / В.В. Шаповалов, Ю.Ф. Мигаль, А.Л. Озябкин, И.В. Колесников, Р.А. Корниенко, Е.С. Новиков, Э.Э. Фейзов, П.В. Харламов // Трение и износ. – – 2020. – Т. 41. – № 4. – С. 464-474. DOI: 10.3103/S1068366620040121

31. Харламов П.В. Проектирование системы подачи модификаторов трения к фрикционным поверхностям трибологического контакта «колесо-рельс» / П.В. Харламов / Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 2 (82). С. 58-66.

32. Харламов П.В. Модельная оценка динамических характеристик фрикционной подсистемы «колесо – рельс» для мониторинга их изменений в условиях реализации тяговой мощности / П.В. Харламов / Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2021. – № 4. С.51-56.

33. Харламов П.В. Исследование вторичных структур фрикционного переноса на поверхности стальных образцов при реализации технологии металлоплакирования системы подачи модификаторов трения для контакта «колесо-рельс» / П.В. Харламов / Вестник транспорта Поволжья. – 2021. – № 5. – С. 19-25.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

- ведущей организации – ФГБУН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова» Российской академии наук (ИМАШ РАН). Отзыв положительный. Замечания:

1. В диссертации не разъяснено, в чем заключается отличие выражения интеграла Дюамеля, представленного на С. 71, от представленных в литературных источниках.
2. В работе представлено применение методики n-вариантного моделирования. Однако необходимость применения нескольких моделей рассматриваемой системы в работе не обоснована.
3. Известно, что коэффициент демпфирования относится к прямым оценкам качества динамической системы и представляет скалярную величину. В диссертации использовано нетрадиционное выражение этого коэффициента для анализа так называемых трендов в области треть-октавных частот. В диссертации не разъяснено, что позволяет установить анализ трендов коэффициента демпфирования фрикционной системы, представленного в работе.
4. При проведении квантово-химических расчетов адгезии алюминия к железу и когезии в алюминии анализируются фрагменты рассматриваемой системы, состоящей из пяти слоев (С. 83-85). Следует обосновать корректность такого представления в реальных условиях эксплуатации, когда на поверхностях фрикционного контакта «колесо-рельс» присутствуют оксиды металлов.
5. Из диссертационной работы не понятно, чем руководствовался автор при выборе точек анализа спектров (рис. 4.11, 4.18, 4.25, 4.39, 4.55, 4.69, 4.89, 4.112).
6. Автор для обеспечения реализации номинальных и исключения аномальных режимов функционирования предлагает применить формирование управляющих воздействий на фрикционный контакт колеса и рельса. Не ясно, какие управляющие воздействия предлагается использовать.
7. Исследование трибологических характеристик предлагаемого модификатора трения проводилось в лабораторных условиях при нормальной температуре. Не ясно, как можно использовать эти результаты в реальных эксплуатационных условиях северных и южных районов нашей страны, где температуры меняются в пределах +50 ... -50 °С.

- официального оппонента – Памфилова Евгения Анатольевича д.т.н., профессора кафедры «Триботехническое материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» (г. Брянск). Отзыв положительный. Замечания: **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 (стр. 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 стр. 168-176 диссертации 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 стр. 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 образуемых на поверхностях трения вторичных структур, при использовании предлагаемого модификатора трения. **7.** На стр. 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, выполнялось ли сравнительные исследования возможностей альтернативных методов формирования упрочняющих функциональных слоёв пар трения.

- официального оппонента – Бутенко Виктора Ивановича д.т.н., профессора кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (г. Ростов-на-Дону). Отзыв положительный. Замечания: **1.** В научном плане представленная диссертация выглядела бы ещё более весомой, если бы в ней в первых главах была выдвинута и сформулирована рабочая гипотеза, связывавшая вопросы механики движения подвижного состава в криволинейном участке пути (силы крипа) с особенностями механизма переноса металлоплакирующего модификатора в зоне трибоконтакта (адгезией и когезией, образованием вторичных структур и т.д.), что, на мой взгляд, более значимо подтвердило научную новизну выполненной работы и предопределило её структурирование. **2.** Моделирование движения колесных пар в криволинейных участках пути различного радиуса кривизны, выполненное на лабораторном стенде ИИ-5018, вряд ли можно считать корректным из-за недостаточно полного учёта эксплуатационных факторов. **3.** В диссертационной работе на стр. 45 представлена математическая модель тележки локомотива в криволинейном участке пути. Непонятно, как учтена в этой модели ее связь с кузовом и второй тележкой. **4.** На стр. 72-73 диссертации для проверки адекватности полученной математической модели нелинейной системы применяется критерий Фишера. Известно, что этот критерий приме-

няется для линейных моделей, подчиняющихся нормальному закону распределения. В диссертации нет пояснения, насколько обосновано такое решение. **5.** В разделе 3.3 диссертации не совсем понятно, на основе какого преобразования были получены составляющие коэффициента трения, в частности, упруго-инерционные, диссипативные составляющие. **6.** В разделах, посвященных анализу вторичных структур, образованных на поверхностях трибосопряжений, автор использует словосочетание «твердость алюминия». Корректнее было бы, по-видимому, говорить о твердости сплава алюминия. **7.** На мой взгляд, объем приложений избыточен, можно было сократить общий объем диссертационной работы, исключив из приложений описание программ расчета и проверки адекватности, а также обобщив результаты некоторых экспериментальных исследований (например, рисунки П.36 и П.39). **8.** К недостаткам работы следует отнести некоторую бессистемность изложения материала. Так, например, в главах 4 и 5, посвящённых экспериментальным исследованиям, включены вопросы методики проведения исследований, что затрудняет понимание общей структуры работы. Следовало бы также выводы по главам 1–4 более тесно привязать к теме диссертации. **9.** Автор часто использует сложные многословные предложения, усложняющие понимание текста (стр. 26, 33, 101, 177, 178 и т.д.).

- официального оппонента Кононова Дмитрия Павловича, д.т.н., профессора кафедры «Наземные транспортно-технологические комплексы» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (г. Санкт-Петербург). Отзыв положительный. Замечания: **1.** Чем обусловлена скорость подвижного состава при моделировании движения криволинейном участке пути? **2.** В работе неоднократно упоминается термин «активные микрообъемы». Автор обращает внимание на то, что и в лабораторных условиях, и в процессе эксплуатации в результате взаимного перемещения контактирующих поверхностей трения возникают колебания микронеровностей (так называемых «активных микрообъемов») материалов поверхностей трения. В работе не представлены модели взаимодействия «активных микрообъемов» контактирующих тел. **3.** В результате моделирования получено, что уменьшение ширины колеи до 1520 мм приводит для средней колесной пары к увеличению контактных нагрузок на 58 %, для третьей колесной пары – до 42,8%, тем не менее, автор утверждает, что износ снижается. **4.** В работе представлено моделирование движения подвижного состава в криволинейных участках пути малого радиуса кривизны, выполненное на машине трения ИИ-5018. Можно ли считать такое моделирование корректным? **5.** Результаты математического моделирования сил крипа показали уменьшение поперечного крипа на 1,5 %. А это на уровне математической погрешности. Вместе с тем, автор утверждает, что уменьшается износ колесных пар и рельсов и повышается тяговая мощность локомотива. Корректно ли это утверждение? **6.** В п. 4.2 диссертации проведены достаточно трудоёмкие исследования поверхности после нанесения загрязнителя и лубрикатора поверх него. Тем не менее, они прямо не говорят о том, что наличие алюминия на поверхности приведёт к защите от износа. Также ничего не сказано, сколько там алюминия. Какая адгезия? На сколько хватит такой лубрикации? **7.** Из материалов диссертации не ясно, как учитывалось влияние климатических условий на эффективность применения разработанной технологии управления величиной коэффициента сцепления колеса локомотива с рельсом. **8.** В диссертации приведены результаты мониторинга модельных узлов трения при подаче различных модификаторов трения. Отсутствуют результаты трибоспектральной идентификации полученные в реальных условиях эксплуатации. **9.** Какое усилие прижатия стержня для плакирования к колесу? Определялось ли оно? И если да, то каким образом?

На автореферат поступило 19 отзывов. Все отзывы положительные.

1. Отзыв д.т.н. **Г. Ж. Сахвадзе**, главного научного сотрудника ФГБУН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова» РАН. Замечания: **1.** В автореферате присутствуют несколько рисунков содержащих большой объем надписей, которые выполнены очень мелким шрифтом, что затрудняет понимание излагаемого материала.

2. Отзыв д.т.н., доцента **Р.Н. Полякова**, зав. кафедрой «Мехатроника, механика и робототехника» ФГБОУ ВО «Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева». Замечания: **1.** Не понятно, чем отличается система уравнений (2.17) представленная на с.15 автореферата от известных? **2.** На с.29 представлен рисунок 4.4а, на котором указаны контрольные точки получения спектров для определения элементного состава, при этом в тексте автореферата автором не пояснено, чем обоснован выбор количества этих точек и места их расположения?

3. Отзыв д.т.н., проф. **О.Ю. Елагиной**, зав. кафедрой «Трибологии и технологии ремонта нефтегазового оборудования» ФГАУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) им.И.М. Губкина». Замечание: **1.** При проведении квантово-химических расчетов энергии связи слоев алюминия и железа, представленных в автореферате в гл. 2, анализ проводится для чистых металлов, в то время как по данным РФЭС, представленным в гл. 4, наблюдается формирование вторичных структур и окислых пленок. Кроме того, на мой взгляд, стоило избегать понятий «мягкий алюминий» и «твердый алюминий», а говорить о твердости используемых сплавов алюминия.

4. Отзыв д.т.н. **В.Г. Копченкова**, профессора кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей» ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет». Замечание: **1.** По тексту изложения материала в автореферате не понятно, как автор предлагает подавать металлоплакирующий материал? Это будет подача взвеси материала в виде порошка или пудры? Или же это будет стержневая подача материала?

5. Отзыв д.т.н. **Е.А. Задорожной**, профессора кафедры «Автомобильный транспорт» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)». Замечания: **1.** В тексте автореферата встречаются аббревиатуры, которые ранее не были раскрыты по тексту, например РАПС на С.23-24, ТАУ на С.23 и 26. На мой взгляд, это затрудняет понимание материала. **2.** На с. 27-28 автореферата представлен анализ микрорельефа поверхностей, однако в выводах по главе отсутствуют выводы по данному анализу. С какой целью автор осуществлял указанный анализ?

6. Отзыв д.т.н. **А.Л. Каменевой**, профессора кафедры «Инновационные технологии машиностроения» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». Замечания: **1.** На рисунке 4.4а представлены контрольные точки получения спектров для определения их элементного состава, не понятно, чем руководствовался автор при выборе числа и места расположения анализируемых точек. **2.** В тексте автореферата, при анализе вторичных структур, образованных на поверхностях трения, автор использует словосочетание «твердость алюминия». Корректней было бы говорить о твердости сплава алюминия.

7. Отзыв д.т.н. **Г.И. Шульги**, профессора кафедры «Автомобильный транспорт и транспортно-технологические комплексы» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет им. Платова (НПИ)». Замечания: **1.** В автореферате для исследуемых образцов твердого и мягкого алюминия не приведены их физико-механические характеристики, от которых зависят адгезионные свойства покрытий, наносимых ротационным методом на поверхность колеса и рельса. **2.** В главе 5 автореферата автором не приведено описание формирования в гребнесмазывателях фрактальных

структур и их лигандных оболочек, имеющих важное значение для генерирования в зоне контакта колеса и рельса многослойных пленок.

8. Отзыв д.т.н. **А.Г. Наумова**, профессора кафедры «Пожарной безопасности объектов защиты» ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия государственной противопожарной службы МЧС России». Замечания: **1.** В автореферате представлены результаты проведения квантово-химических расчетов адгезии и когезии, при этом анализируемая система представлена состоящей из пяти слоев. Насколько корректно такое представление рассматриваемых металлических систем, ведь на поверхности железа и алюминия присутствуют окислы этих металлов? **2.** На стр. 21 автореферата представлено описание и выполненная модернизация каткового стенда. Из текста автореферата не понятно, для чего конкретно использовался представленный стенд.

9. Отзыв д.т.н. **Ю.А. Давыдова**, профессора кафедры «Транспорт железных дорог» ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения». Замечания: **1.** Из текста автореферата не понятно, что автор понимает под «информационными каналами»? **2.** Рис. 3.2 в автореферате очень сложен для восприятия. Надписи и обозначения, представленные на рисунке, очень тяжело различимы. **3.** Для обеспечения реализации номинальных и исключения аномальных режимов функционирования рассматриваемого фрикционного узла, автор предлагает формирование управляющих воздействий на фрикционный контакт колеса и рельса. Из текста автореферата не ясно, что автор понимает под управляющим воздействием? Что предлагает использовать?

10. Отзыв д.т.н. **И.К. Андрончева**, профессора кафедры «Электрический транспорт», к.т.н., доцента, зав. кафедрой «Локомотивы» **А.Ю. Балакина** и к.т.н. **Ю.К. Муштафаева**, доцента кафедры «Наземные транспортно-технологические средства» ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения». Замечания: **1.** На стр. 12-14, 17 при пояснении некоторых параметров дана ссылка на таблицу 2.1., однако в автореферате она представлена в сокращенном виде. Следует уточнить, что отсылка идет к табл. 2.1 диссертации. **2.** Параметр $\xi(u, u_y)$, приведенный в формуле (2.8), носит название функции касательной силы трения в точке контакта колеса и рельса, однако анализ формулы и дальнейшее ее применение в уравнениях 2.15 и 2.16 позволяет судить о безразмерности предложенной функции. Возможно, следует назвать эту функцию – коэффициентом силы трения? **3.** На стр. 22 в пункте в) говорится о том, что: «...при всех скоростях движения наблюдаем незначительное увеличение фактора износа...», в то время как в пунктах а) и б), наоборот, говорится о снижении, причем в п. а) – существенном упомянутого фактора. Следует пояснить, в каких условиях наблюдается увеличение фактора износа, о котором сказано в пункте в).

11. Отзыв д.т.н., профессора, зав. кафедрой «Теоретическая и прикладная механика» **В.А. Николаева** ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения». Замечания: **1.** Не ясно, почему при определении продольных и поперечных сил в зоне контакта колеса с рельсом автор определяет их с вычислением коэффициента крипа по Мюллеру (формула (2.1)), опубликовавшему свою работу в 1956 г., несмотря на то, что известны более поздние работы Куценко С.М. (1975 г.), Калкера (1989 г.), а также Журавлева В.Ф. (1998 г.) и Горячевой И. Г. (2001 г.). Кроме того, здесь автор отмечает, что «в общем случае нагрузку колеса на рельс следует рассматривать как переменную», однако при вычислении силы крипа всюду в формулах фигурирует статическая нагрузка колеса на рельс. **2.** На расчетной схеме (рис.2.4) отсутствуют абсолютная и подвижная системы отсчета и силы, действующие в точках контакта колес с рельсами. **3.** В формулах (2.12) – (2.15) для определения продольного и поперечного проскальзывания колес автор подставляет значение угла наклона конической части неиз-

ношенного колеса, в то время как в практике с увеличением пробега колеса возрастает прокат поверхности катания, что повлияет на силы сцепления колеса с рельсом в продольном и поперечном направлениях. **4.** В тексте автореферата не отражено влияние климатических условий (влажности воздуха, наличия инея на рельсах или экстремально низких температур при эксплуатации подвижного состава на БАМе) на эффективность предлагаемого способа термометаллоплакирования фрикционных поверхностей колеса и рельса. **5.** В выводах по содержанию работы отсутствует факт решения пятой задачи исследований, перечисленных автором (стр. 5): разработать информационный канал управления приводами подачи модификаторов трения или активаторов сцепления для их систем автоматизированного управления. **6.** В пояснениях параметров к формуле (2.5), а также к формуле (2.20) автор ссылается на табл. 2.1 автореферата, однако в ней эти параметры отсутствуют.

12. Отзыв д.т.н., профессора **С.В. Федорова**, зав. кафедрой «Теория механизмов и машин и деталей машин» ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет». Замечания: **1.** В автореферате (гл. 2), автор оперирует термином эмпирический коэффициент трения скольжения с разными обозначениями (соотношения 2.1 и 2.8 и далее (2.15-2.16)). Далее в гл. 3 в соотношении (3.1) и тексте к нему – это амплитуда коэффициента передачи и одновременно стационарно устойчивое значение коэффициента трения. Аналогичная ситуация на рис. 3.1 и 3.3. **2.** На рис.3.2. имеет место неоднозначное и поэтому сложное восприятие обозначенных эффектов в прямоугольных ячейках. В одних случаях нанесение мягкого алюминия – это впадины кривой коэффициента трения, а на других – это пики. Здесь же по тексту вывод о формировании равновесной шероховатости со стабильными фрикционными свойствами. На рис. 3.2 в этой области коэффициент трения значительно увеличивается ... В чем суть стабильности? Сложно воспринимается здесь же понятие о диссипации энергии при активации сил сцепления. В чем здесь существо диссипации энергии? Желательно было бы в автореферате раскрыть существо динамического коэффициента трения. **3.** В гл. 4 на стр. 30 автореферата вывод: «Полученные результаты позволяют говорить о фазовом составе покрытия, имеющего толщину 3 нм». Если сопоставить это утверждение с предложенной автором логикой рис. 4.1-4.3, то этот вывод трудно воспринимать однозначно как утвердительный. Как этот вывод согласуется с утверждением о равновесной шероховатости (и соответственно стабильностью), размер которой по определению классики трибологии значительно выше – на несколько порядков?

13. Отзыв д.т.н., профессора РАН **С.В. Панина**, заведующего лабораторией механики полимерных композиционных материалов ФГБУН «Институт физики прочности и материаловедения СО РАН. Отзыв без замечаний.

14. Отзыв д.т.н., профессора **С.М. Захарова**, научного консультанта научного центра «Рельсы, сварка, транспортное материаловедение» АО «ВНИИЖТ». Замечания: **1.** Из автореферата не ясно, как применение технологии термометаллоплакирования к колесам тепловоза изложенным способом сказалась количественно на его тяговых свойствах, особенно при ведении состава по сложному профилю пути и как технология количественно повлияла на расход энергии (топлива). **2.** Не ясно имеет ли реальный эксплуатационный опыт организации диагностики системы подвижной состав-путь посредством ее динамического мониторинга по предложенным критериям оценки состояния? **3.** Эффективность системы «путь-подвижной состав», определяется многими факторами, имеющими разную степень влияния. Не определено, какое место среди них занимает метод термоплакирования поверхностей трения.

15. Отзыв д.т.н., профессора **Ю.С. Ромена**, главного научного сотрудника АО «ВНИИЖТ» и к.т.н., главного научного сотрудника **В.М. Богданова** (АО «ВНИИЖТ»). Замечания: **1.** На с. 27-28 автореферата представлен анализ микрорельефа поверхностей, но в выводах по главе отсутствуют данные по этому анализу. **2.** По тексту автореферата на с. 23, 24, 26 встречаются аббревиатуры, ранее не раскрытые по тексту (ТАУ, РАПС), что, на мой взгляд, затрудняет понимание материала. Автору сначала следовало бы давать расшифровки аббревиатур, а уже после использовать их по тексту.

16. Отзыв д.т.н. **А.Г. Котенко**, профессора, зав. лабораторией проблем организации транспортных систем ФГБУН «Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН» (ИПТ РАН). Замечания: **1.** Из автореферата остается не ясным, как осуществлено решение 5-й поставленной автором задачи исследования, а именно: что представляет собой информационный канал управления приводами подачи модификатора трения или активаторов сцепления для их систем автоматического управления. **2.** В автореферате следовало бы раскрыть заявленную технологию управления процессами, протекающими во фрикционном контакте колеса локомотива с рельсом (что соответствует поставленной автором задаче исследования б), на уровне соответствующих понятных схемных решений.

17. Отзыв д.т.н. **М.П. Козочкина**, профессора кафедры высокоэффективных технологий обработки ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»». Замечания: **1.** Автор отмечает, что большинство моделей других исследователей имеют значительные допущения. Однако сам автор широко использует ряд допущений в своих моделях, которые могут значительно влиять на результат. Например, эмпирический коэффициент трения скольжения или коэффициент трения гребня колеса по рельсу могут зависеть от внешних факторов, к которым относятся снег, дождь, лед, широкие колебания температуры и т.д. Эти моменты в реферате не оговариваются. **2.** В систему из 12 уравнений входят коэффициенты вязкого трения и показатели жесткости, точность задания которых существенно влияет на амплитуды колебаний. В реферате нет сведений о методике их определения. **3.** Решения систем уравнений с многими степенями свободы, с наличием коэффициентов, обладающих большой неопределенностью, обычно характеризуется плохой обусловленностью, что требует их экспериментальной проверки. В реферате нет сведений об оценке неопределенности получаемых решений. **4.** В реферате приводятся записи во времени коэффициентов демпфирования. Методика получения таких записей в реферате не раскрыта.

18. Отзыв д.т.н. **Г.М. Волохова**, зав. отделением динамики, прочности и инфраструктуры и к.т.н. **О.Г. Краснова**, зав. отделом инфраструктуры АО «ВНИКТИ». Замечания: **1.** При разработке математической модели вписывания трехосной тележки тепловоза 2ТЭ116 в кривые малого радиуса следует указать особенности и отличие модели по сравнению с решениям, изложенными в работе В.С. Косова «Снижение нагруженности ходовых частей локомотивов и пути». Показать новизну подходов, используемых в программном инструменте Rail Profile Wear Evolution программного комплекса «Универсальный механизм», версия 9. **2.** Эксплуатационные испытания модификаторов трения целесообразно было бы провести на участках пути со сложным продольным и поперечным профилем с поездами весом 7100 и более тонн, например электровоз 2ЭС10 с асинхронным тяговым приводом.

19. Отзыв д.т.н., проф., чл.-корр. НАН Беларуси **А.Я. Григорьева**, директора ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси» и к.т.н., доцента **В.П. Сергиенко**, зав. отделом «Фрикционное материаловедение». Замечания: **1.** Отсутствие четких и аргументированных пояснений к результатам трибоспектральной идентификации процессов трения и модифицирования. Это обстоятельство существенно затрудняет понимание и анализ полученного результата (стр. 24-26).

2. Отсутствие доказательства адекватности механизма переноса металлоплакирующего модификатора трения, установленного в модельных экспериментах на машине трения, реальным условиям эксплуатации колесной пары (стр. 27). 3. Следует дать пояснения по поводу корректности использования и приведенного определения термина «фактор износа» (стр. 18, 1 абз.), используемого для качественной оценки износа колесных пар. 4. По тексту автореферата встречаются некоторые неточности, например, на стр.23 после ф-лы 3.1, на стр. 4 (Национальной академии наук Беларуси значится как БАН).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации, согласно «Положению о присуждении ученых степеней», обоснован не только их высокой публикационной активностью в ведущих российских и зарубежных научных изданиях, но и достижениям ряда фундаментальных результатов в области разработки и исследования функциональных покрытий трибосопряжений, совершенствования конструкций и методов испытаний железнодорожного подвижного состава, включая ходовые части, а также их личными достижениями в области модифицирования поверхностей трения и взаимодействия колес железнодорожного транспорта с рельсами, их непосредственной причастностью к специальностям, по которым происходила защита диссертации, наличием опыта работы в области подготовки научных кадров высшей квалификации.

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

- **разработан** комплекс новых, научно обоснованных технических и технологических решений, на примере взаимодействия колеса тягового подвижного состава с рельсом, при реализации термометаллоплакирования стальных поверхностей, включающих прикладные методические подходы анализа и синтеза функционально связанных физико-химических и упруго-диссипативных характеристик, трибодинамических процессов на микро- и макроуровнях, протекающих в динамически нагруженном фрикционном контакте;

- **предложена** модифицированная технология подачи специального модификатора и реализация процесса термометаллоплакирования, основанная на анализе вариаций упруго-диссипативных характеристик фрикционного взаимодействия, что позволяет повысить точность контроля триботехнических характеристик и организовать оптимальное управление параметрами трибосистемы;

- **доказана** практическая применимость разработанного метода термометаллоплакирования, обусловленная наличием прочной химической связи между поверхностями трибосопряжения системы «колесо-рельс»;

- **введено** уточненное выражение безразмерного коэффициента демпфирования фрикционной механической системы, позволяющее во времени наблюдения идентифицировать в октавных диапазонах частот тренды изменения упруго-диссипативных свойств фрикционного взаимодействия.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказана** эффективность применения металлоплакирования для снижения контактных нагрузок и образования термоповреждений в подсистеме «колесо тягового подвижного состава-рельс»;

- **применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы** трибоспектральной идентификации исследуемых трибосистем, позволяющие обеспечить управление оптимальными параметрами фрикционного взаимодействия в подсистеме «колесо-рельс» и повысить энергоэффективность тягового подвижного состава;

- **изложены** результаты анализа механизма фрикционного переноса материалов и формирование вторичных покрытий как основы разработки новых высокоэффективных модификаторов трения;

- **изучен** механизм эволюционных преобразований в контактной области колеса тягового подвижного состава с рельсом при наличии модификатора, что обеспечило возможность организации динамического мониторинга фрикционных систем.

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

- **разработана** новая методика контроля триботехнических характеристик трибосистемы «колесо-рельс»;

- **определены** технические условия управления динамическими свойствами фрикционного контакта на основе регистрируемой информации состояний трибосистемы;

- **создана** и реализована технология термометаллоплакирования, позволяющая улучшить трибохарактеристики подсистемы «колесо-рельс» с целью сокращения потерь тяговой энергии, путем применения материала, вносимого в контакт колеса подвижного состава с рельсом;

- **представлены** параметры динамического мониторинга фрикционного контакта «колесо-рельс» с учетом их физико-химических и упруго-диссипативных характеристик.

Оценка достоверности результатов исследования выявила

- **для экспериментальных работ** на основе корректно поставленных задач использовались своевременно поверенное стандартное и специальное экспериментальное оборудование, проведена статистическая обработка результатов;

- **идея базируется** на результатах современных теоретических и экспериментальных исследований трибосопряжений в области приспособляемости и металлоплакирования трибоконтакта «колесо-рельс»;

- **использованы** система анализа поверхности (интерференционный микроскоп – оптический профилометр), современное программное обеспечение, сканирующий (растровый) электронный микроскоп с приставкой энергодисперсионного (ЭДС) анализатора, уникальный лабораторный комплекс «путь-подвижной состав», система анализа поверхности трения с помощью рентгеновской и оже-электронной спектроскопии (РФЭС и ОЭС).

Личный вклад соискателя состоит в обосновании актуальности темы диссертации, ее теоретическо-прикладной значимости для развития высокоскоростного подвижного состава, а также сборе, обработке и анализе эмпирической информации, корректных исследовательских задач, выдвижении гипотез и обосновании технических решений, формализации моделей и проведения модельных расчетов, доработке экспериментальных стендов и проведении экспериментов, проверке их адекватности, подготовке и публикации результатов в отечественной и зарубежной печати, проведение патентной защиты результатов исследования, в частности:

- по результатам математического моделирования поперечных и продольных сил крипа и вписывания набегающей колёсной пары в криволинейные участки моделируемого пути поперечный крип снижается, что позволяет уменьшить износ колёсных пар и рельсов в криволинейных участках пути и повысить тяговую мощность локомотива за счёт снижения их энергетических потерь, а продольный крип возрастает, что улучшает сцепление колёсных пар с рельсами и повышает тяговую мощность подвижного состава;

- путем применения квантово-химических расчетов, анализа морфологии поверхностей и ОЖЭ-электронной спектроскопии установлен механизм формирования вто-

ричных поверхностных структур в тяжелонагруженных системах «колесо-рельс» при наличии термометаллоплакирования;

- проведено планирование, подготовка экспериментального оборудования и проведение экспериментальных исследований с последующей обработкой их результатов;
- на основании результатов исследований разработан способ повышения износостойкости тяжелонагруженных металлических трибосистем и предложен метод динамического мониторинга за их работоспособностью.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания, относящиеся к адекватности выбранных методов исследования, факторного пространства и условий их реализации, статистическому анализу и эмпирическим данным исследования, а также методологических подходов исследования развития методов модифицирования поверхностей трибосопряжений. В частности, замечания о корректности составления математических моделей, о недостаточном отражении зарубежного опыта по разработке и применению систем модифицирования тяговой поверхности колеса. Так же есть замечания по применению критериев идентичности физических процессов при осуществлении физико-математического моделирования, увеличения числа параллельных опытов, недостаточной освещенности вопросов разработки и применения стенда для экспериментальной проверки предлагаемых технологических решений; по структуре регрессионной модели, результатам квантово-химических расчетов, связанные с необходимостью более полного отражения результатов с учетом структур образующихся на поверхностях трения, по методике проведения анализа морфологии лабораторных образцов, а в частности выбора контрольных точек для анализа элементного состава; по применимости предлагаемого метода термометаллоплакирования фрикционных поверхностей с учетом климатических и температурных факторов.

Соискатель Харламов П.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию и обоснование научных положений, предложенных технических решений. В диссертационной работе основные задачи были связаны с раскрытием механизма фрикционного переноса материалов и формирования вторичных покрытий с анизотропными свойствами современными методами динамического мониторинга и трибоспектральной идентификации процессов трения, что обеспечит 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 фрикционных подсистем «колесо-рельс», следовательно, повысить энергоэффективность тягового подвижного состава.

Для решения задач динамического мониторинга фрикционных систем (непрерывного сбора информации о динамических параметрах), а также прогнозирования динамического состояния фрикционной механической подсистемы «колесо-рельс» и, в частности, фрикционного контакта, управления его динамическими свойствами разработан способ оценки состояния трибосистемы по анализу коэффициентов корреляции и детерминации, однозначно характеризующих многообразие состояний механической системы.

Разработана инновационная и принципиально новая технология повышения силы тяги локомотива и сокращения потерь энергии. В качестве третьего тела, вносимого в контакт колеса локомотива с рельсом, используется материал, обладающий анизотропными свойствами, а именно: обеспечивающий высокие при продольном крепе и низкие при поперечном крепе значения коэффициента сцепления.

Обосновано применение металлоплакирующих материалов для снижения контактных нагрузок и возможности образования термоповреждений в системе «колесо тягового подвижного состава-рельс», стабилизации сил продольного и поперечного крива и тяговой мощности.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленных научных задач, определенные целью исследования, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты, а также свидетельства личного вклада автора в науку. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На заседании «16» мая 2022 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Харламова П.В. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой разработаны теоретические и методологические научно обоснованные решения технических и технологических задач, связанных с анализом и синтезом функционально связанных физико-химических и упруго-диссипативных характеристик, трибодинамических процессов на микро- и макроуровнях, протекающих в динамически нагруженном фрикционном контакте на примере взаимодействия колеса тягового подвижного состава с рельсом при реализации термо-металлоплакирования стальных поверхностей, с целью управления свойствами фрикционной механической системы, имеющее существенное значение для железнодорожного транспорта страны, и принял решение присудить Харламову Павлу Викторовичу ученую степень доктора технических наук по специальностям: 2.5.3 - «Трение и износ в машинах»; 2.9.3 (05.22.07) - «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 10 докторов наук по специальности 2.5.3 и 4 доктора наук по специальности 2.9.3 (05.22.07)), участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 4 человека, проголосовали: за – 18, против – нет, недействительный бюллетень – 1.

Председатель диссертационного совета
44.2.005.01 академик РАН,
д-р техн. наук, профессор



Колесников Владимир Иванович

Ученый секретарь диссертационного
совета 44.2.005.01
д-р техн. наук, профессор

Щербак Петр Николаевич

16 мая 2022 г.