

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 кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 22.12.2025 №5

О присуждении Авилову Виктору Владимировичу, Российская Федерация, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение износостойкости тяжело нагруженных трибосистем комбинированным методом модифицирования поверхности трения» по специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах принята к защите 09.10.2025 г. (протокол заседания № 3) диссертационным советом 44.2.005.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения», РОСЖЕЛДОР, 344038, Ростовская область, городской округ город Ростов-на-Дону, город Ростов-на-Дону, площадь Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, зд. 2., Приказ Минобрнауки РФ № 561/нк от 03.06.2021, далее – ФГБОУ ВО РГУПС.

Соискатель Авилов Виктор Владимирович, 18 августа 1979 года рождения, в 2005 г. окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» по специальности «Промышленная теплоэнергетика» с присуждением квалификации инженер. С 2009 г. по 2013 г. проходил заочное обучение в аспирантуре ФГБОУ ВПО РГУПС по научной специальности 02.00.05 «Электрохимия». В 2024 г. зачислен в качестве экстерна для прохождения промежуточной аттестации – сдачи кандидатских экзаменов по научной специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах. В настоящее время работает в должности младшего научного сотрудника кафедры «Теоретическая механика» и научно-исследовательской лаборатории «Нанотехнологии и новые материалы» научно-исследовательского центра «Нанотехнологии и трибосистемы» научно-исследовательской части ФГБОУ ВО РГУПС.

Диссертация выполнена на кафедре «Теоретическая механика» ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», РОСЖЕЛДОР.

Научный руководитель – Колесников Игорь Владимирович, член корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор РАН, ведущий научный сотрудник научно-образовательного центра «Нанотехнологии и новые материалы» НИЧ ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения».

Официальные оппоненты: Буяновский Илья Александрович, доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории «Методы смазки машин» ФГБУН Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН) г. Москва; Бурлакова Виктория Эдуардовна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Химия» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ФГБОУ ВО ДГТУ), г. Ростов-на-Дону – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (ФГБОУ ВО ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова), г. Новочеркасск – в своем положительном заключении, подписанном Исаковым Владимиром Семеновичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Автомобили и транспортно-технологические комплексы», и утвержденным Пузиным Владимиром Сергеевичем, кандидатом технических наук, доцентом, проректором по научной работе и инновационной деятельности ФГБОУ ВО ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова, указала, что диссертация Авилова В.В. «Повышение износостойкости тяжело нагруженных трибосистем комбинированным методом модифицирования поверхностей трения» представляет собой самостоятельную, завершенную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические, технологические решения и разработки, обеспечивающие повышение износостойкости тяжело нагруженных трибосистем путем комбинированного метода модифицирования поверхностей трения электроискровым легированием с использованием пластичных смазочных материалов с добавками метафосфатов, что имеет существенное значение для повышения долговечности узлов трения и развития железнодорожного транспорта, станкостроения, судостроения, авиационной промышленности, сельхозмашино-строения и других машиностроительных областей страны. Содержание диссертации достаточно полно отражено в автореферате и в опубликованных работах. Диссертация соответствует паспорту специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах. Диссертация соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Авилов Виктор Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах.

Соискатель имеет 43 опубликованные работы, все по теме диссертации, из них в рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ – 16 работ, 4 – в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus, Web of Science, получены 3 патента РФ. Объем опубликованных работ по теме диссертации составляет 12,56 п.л. Авторский вклад – 6,61 п.л. Все публикации достаточно полно отражают основные результаты исследований. Они посвящены расширению области применения модифицированных пластичных смазочных материалов, используемых в тяжело нагруженных узлах трения, путем разработки высокоэффективных присадок, определению параметров обработки поверхности и установлению основных закономерностей физико-химических процессов, происходящих в их зоне трения. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. В работе имеются ссылки авторов и источники заимствования.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Авилов, В. В.** Оценка комплексного влияния электроискровой обработки поверхности трения и применения пластичных смазок с эффективными присадками на износостойкость тяжело нагруженных трибосистем / В. В. Авилов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4 (95). – С. 8–16. – DOI 10.46973/0201-727X_2024_3_8.

2. Исследование влияния межэлектродной среды на результаты обработки стальной поверхности методом электроискрового легирования / А. В. Сидашов, П. Г. Иваночкин, С. А. Данильченко, Д. С. Мантуров, И. В. Колесников, **В. В. Авилов** // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 4 (88). – С. 59–65. – DOI 10.46973/0201-727X2022459.

3. Свойства смазочных материалов ПУМА и БУКСОЛ, модифицированных неорганическими присадками двойных полифосфатов / В. И. Колесников, М. А. Савенкова, **В. В. Авилов**, Ю. Ф. Мигаль, И. В. Колесников // Трение и износ. – 2015. – Т. 36. – № 3. – С. 273–281. – ISSN 0202-4977.

4. Модифицированные присадками полифосфатов смазочные композиции «Пума» и «Буксол» / В. И. Колесников, М. А. Савенкова, Д. Н. Шишияну, **В. В. Авилов**, Ю. Ф. Мигаль // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2013. – № 2. – С. 001–007. – ISSN 1819-2092.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

– **ведущей организации** – ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова» (ФГБОУ ВО ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова). Отзыв положительный. Замечания: **1.** В обзоре литературы, посвященном износостойким покрытиям, упрочнению поверхностного слоя, приведенных в главе 1, автору следовало привести работы д.т.н., профессора Воронина Н. А., посвященные исследованию антифрикционных покрытий, называемых топокомпозиатами, проводимых в Институте машиноведения им. А.А. Благонравова РАН. Такие однослойные, многослойные топокомпозиаты обладают адгезией к подложке, имеют напряженно-деформированное состояние в контактной зоне, воспринимают действующую нагрузку на покрытие вместе с подложкой и рассматриваются как новый класс конструкционных материалов триботехнического назначения. **2.** Автор в трибосопряжении «пятник-подпятник» железнодорожного вагона обеспечивает положительный градиент механических свойств трибосопряжения легированным слоем, полученным электроискровым легированием и модифицированным слоем, образующимся на легированном слое, при нанесении пластичных смазочных материалов ПУМА, БУКСОЛ с добавками двойных метафосфатов $\text{CaZn}(\text{PO}_3)_4$, $\text{NiZn}(\text{PO}_3)_4$. При испытании таких композиций изменяются адгезионная и деформационная составляющие коэффициента трения. Автору следовало проводить испытания таких покрытий не только на износостойкость, но и определить коэффициент трения таких покрытий. **3.** При электроискровом легировании химическая устойчивость жидкостей в зоне легирования металлических поверхностей должна достигает температур 100 - 400 °С. В качестве жидких сред используют керосин и нефтяное масло или их смеси 1:1. Автор использует в качестве жидких сред нефтяное индустриальное масло И-40А и полиэтилсилоксановую жидкость ПЭС-3, температура вспышки которой 125 °С. Автору следовало бы дать пояснения по выбору данной жидкости, так как выпускаются жидкости с более высокой температурой вспышки (полидеметилсилоксановая жидкость ПМС-200, температура вспышки 316 °С и полиметилфенилсилоксановая жидкость ПФМС-4, температура вспышки 300 °С). Кроме того, данные полисилоксановые жидкости обладают низкими смазочными свойствами. **4.** В работе применены термины, не соответствующие ГОСТ 27674-88 «Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения» Так, на стр. 5, 6, 8, 9, 16, 35 и других приведены термины «смазка»,

«пластичная смазка», а согласно ГОСТ 27674-88 должно быть «смазочный материал», «пластичный смазочный материал»; на стр. 23 приведено «окисные плёнки», а должно быть «оксидные плёнки».

– **официального оппонента** – д.т.н., главного научного сотрудника лаборатории «Методы смазки машин» ФГБУН Институт машиноведения им. А. А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН) **Буяновского Ильи Александровича**. Отзыв положительный. Замечания: **1.** Из данных автореферата и диссертации не ясно, почему автор при рассмотрении результатов трибологических испытаний на износостойкость о влиянии нагрузки, скорости и процентного содержания присадки утверждает, что по степени влияния нагрузки и скорости на величину износа большее влияние оказывает нагрузка (конец четвертой главы автореферата – пункт 4). **2.** Разработанные автором присадки двойного метафосфата кальция и цинка, никеля и цинка с добавлением в пластичную смазку ПУМА-МР показали их высокую эффективность по износостойкости (глава 4). Вместе с тем, было бы желательно узнать, а можно ли ожидать подобных результатов в случае других смазочных материалов. **3.** В трибологии одним из основных параметров, влияющих на процессы трения, является температура. В работе отсутствуют пояснения, в каком температурном диапазоне (отрицательных и положительных значений) будут работать данные присадки. **4.** Из данных автореферата и диссертации не ясно, до каких предельных значений скоростей и нагрузок будут эффективно работать разработанные автором технология модифицирования поверхности и присадки к пластичным смазочным материалам. **5.** Стоило бы более подробно в работе пояснить, что понимается под процессом самоорганизации, имеющей место при образовании вторичных структур – пленок переноса. **6.** В работе отсутствуют данные – при каких условиях и нагрузочно-скоростных режимах будет происходить нарушение целостности вторичных структур.

– **официального оппонента** – д.т.н., профессора, профессора кафедры «Химия» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (г. Ростов-на-Дону) **Бурлаковой Виктории Эдуардовны**. Отзыв положительный. Замечания: **1.** Не ясно, по каким критериям выбирался диапазон цифровых значений для технологических режимов обработки при электроискровом легировании: период T и длительность импульса t , например, таблица 2.1 на стр. 39. **2.** Отмечая заслугу автора в получении патентов РФ, желательно было бы их сравнить с зарубежными патентными исследованиями по повышению износостойкости смазочных материалов (2 патента), так и патент по многофункциональной машине трения. **3.** При разработке автором комбинированного метода модифицирования поверхности трения, для исключения образования окисных пленок, при электроискровом легировании (ЭИЛ), было предложено проводить исследования в индустриальном масле И-40 и полиэтилсилоксановой жидкости ПЭС-3. Нет обоснования тому – почему были выбраны именно эти жидкости и какая научная цель преследовалась? **4.** Из данных диссертации и автореферата не ясно, до каких предельных значений скорости и нагрузки будут эффективно работать предложенные автором технологии модифицирования поверхности и присадки к пластичным смазочным материалам? **5.** При разработке присадки неорганической природы на основе двойных метафосфатов автор показывает улучшение трибологических свойств пластичных смазочных материалов и объясняет это – образованием пленок переноса.

В контексте такого подхода употребляет термин «Самоорганизация» трибосистемы (стр. 76). Хотелось бы получить более подробную информацию, что под этим термином понимает соискатель, а лучше физический смысл этого?

На автореферат поступило 11 отзывов. Все отзывы положительные.

1. Отзыв д.т.н., профессора кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» **Бутенко Виктора Ивановича**. Замечание. В автореферате приведены данные исследования новых присадок квантово-химическими расчетами, включая структуру и реакционную способность молекулы, но отсутствуют данные о методах исследования самих присадок применением физико-химического анализа.

2. Отзыв д.т.н., профессора, академика НАН Беларуси, заведующего отделом «Трение, смазка и эксплуатационная стойкость материалов» Института механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН Беларуси **Мышкина Николая Константиновича** и к.т.н., заведующего сектором «Специальные смазочные материалы» Института механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН Беларуси **Гуцева Дмитрия Михайловича**. Замечание. При исследовании процесса электроискрового легирования в жидких средах были рассмотрены только два различных вида среды – индустриальное масло И-40 и полиэтилсилоксановая жидкость ПЭС-3. Известно, что энергия разложения среды может оказывать влияние на процессы электроискрового легирования. На наш взгляд, следовало бы рассмотреть в качестве межэлектродной среды жидкие среды, обладающие высоким энерговыделением при разложении.

3. Отзыв д.т.н. профессора **Флека Михаила Бенсионовича**, руководителя программы развития кафедры «Авиастроение» АО «Роствертол» Замечания: **1.** В работе желательно было бы дать оценку влияния внешних температурных факторов на интенсивность изнашивания упрочненных, контактирующих сопряжений, учитывая широкий диапазон климатических условий эксплуатации транспортных средств. **2.** В работе следовало бы рассмотреть возможность более широкого использования полученных результатов в сфере повышения износостойкости трибосистем, машин и механизмов помимо «пятник – подпятник» грузового вагона.

4. Отзыв д.т.н. **Гершмана Иосифа Сергеевича**, главного научного сотрудника отдела «Контактная сеть и токосъем» АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ)». Замечания: **1.** В работе отсутствуют данные – при каких условиях и нагрузочно-скоростных режимах будет происходить нарушение целостности вторичных структур? **2.** Автором проведены эксплуатационные испытания, показавшие эффективность комбинированного метода модифицирования поверхности в узле трения подвижного состава «пятник-подпятник» грузового вагона. Известно, что эксплуатируется грузовой вагон в разных климатических условиях. Из автореферата непонятно как влияет температурный режим на работу разработанных и созданных автором технологий модифицирования металлической поверхности и противоизносных присадок к смазочным материалам?

5. Отзыв д.т.н., профессора кафедры «Наземные транспортно-технологические комплексы» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС) **Кононова Дмитрия Павловича** и к.т.н., доцента кафедры «Наземные транспортно-технологические комплексы» ФГБОУ ВО ПГУПС **Крутько Андрея**

Александровича. Замечание. В работе недостаточно полно исследовано влияние химического состава исходного материала образцов на свойства модифицированной путем ЭИЛ поверхности. Так, например, во второй главе приводятся металлографические, физико-механические и трибологические характеристики образцов из хромистой нержавеющей стали 30X13, модифицированных вольфрамовым электродом при разных режимах электроискровой обработки, однако не понятно, исследовалось ли влияние хрома на получаемые результаты.

6. Отзыв д.ф.-м.н. профессора **Голуба Михаила Владимировича**, заведующего кафедрой «Теория функций» факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет» Замечания: **1.** Осталось не ясным, каким методом измерялась микротвердость модифицированного слоя? **2.** Представлены убедительные доказательства снижения износа за счет модификации базового смазочного материала присадками на основе двойных метафосфатов с формированием защитной пленки на контактных поверхностях. Где происходит формирование защитной пленки на контактной шероховатой поверхности?

7. Отзыв д.т.н. профессора **Елагиной Оксаны Юрьевны**, заведующей кафедрой «Трибология и технология ремонта нефтегазового оборудования» ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина». Замечания: **1.** Предложенные автором присадки относятся к классу двойных метафосфатов, однако не показано обоснования, почему в составе полимерной молекулы в качестве катионов выбраны именно атомы Са и Ni. **2.** Оценивая эффективность комбинированного метода, важным моментом с практической точки зрения являлась бы оценка экономического эффекта от применения предложенного метода, которая отсутствует в работе.

8. Отзыв к.т.н. доцента кафедры «Высокоэффективные технологии обработки» ФГБОУ ВО «СТАНКИН» **Федорова Сергея Вольдемаровича**. Замечания: **1.** Из автореферата не ясно, в каком температурном диапазоне отрицательных и положительных температур могут работать разработанные автором присадки? **2.** Для оценки влияния нагрузочно-скоростных режимов и процентного содержания присадки на износостойкость трибосопряжений автор использовал метод планирования эксперимента. Не ясно, на основании чего выбирались величины постоянных нагрузок в зоне контакта?

9. Отзыв д.ф.-м.н., профессора, директора Института проблем машиностроения РАН – филиала ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапанова-Грехова Российской академии наук» **Ерофеева Владимира Ивановича** и к.ф.-м.н. заведующего лабораторией плазменных технологий и полифункциональных покрытий ИПМ РАН **Царевой Ирины Николаевны**. Замечание. На всех графиках зависимости микротвердости модифицированной поверхности от глубины (рис. 2, с. 9) имеются участки разупрочнения, которые, судя по масштабу на фото микроструктуры (рис. 1, с. 9), обусловлены наличием «белого» слоя. Причины его образования автор связывает с образованием новых фаз и переходных структур при электроискровом легировании. Природа этого слоя не объясняется, хотя с использованием рентгеновского метода или электронной микроскопии можно было установить фазовый состав «белого» слоя. В то же время упрочняющий эффект на больших глубинах объясняется образованием карбидов вольфрама.

10. Отзыв д.т.н. профессора кафедры «Транспортно-технологические комплексы» ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения» **Макиенко Виктора Михайловича**. Замечания: **1.** В автореферате не указана марка конструкционной стали исследуемого сопряжения «пятник-подпятник». **2.** Следует отметить, что в работе не исследовано влияние динамических нагрузок и низких температур на устойчивость слоев, наносимых путем ЭИЛ. При этом условия работы железнодорожного транспорта и лабораторные условия сильно отличаются. **3.** Автореферат не содержит информации по защите окружающей среды и человека от выделяемых вредных веществ, в то время как ряд фосфатных добавок являются канцерогенными.

11. Отзыв начальника НТЦ Научно-производственного центра ФАУ «ЦАГИ», профессора МФТИ, д.т.н. **Вермеля Владимира Дмитриевича** Замечание. Эксплуатация машин и механизмов с парами трения, для которых целесообразны модификация поверхностного слоя и применение новых смазочных материалов, осуществляется в различных климатических условиях в широком диапазоне температур (например, для авиационной техники от +50 до –70 °С). Ценность работы могла быть существенно повышена при оценке влияния температуры на трибологические характеристики и износ пар трения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их значительным опытом в научно-исследовательской работе и подготовке научных кадров в области трения, изнашивания и упрочнения узлов трения машин и механизмов, а также в области машиноведения, систем приводов и деталей машин и широким кругом публикаций в ведущих специализированных изданиях

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

– **разработана** теоретическая основа повышения износостойкости трибосистем путем модифицирования поверхности трения и разработки присадок к пластичным смазочным материалам;

– **предложен** способ упрочнения поверхности трения методом электроискрового легирования в жидких средах, позволяющий, повысить физико-механические характеристики обрабатываемой поверхности, что в сочетании с пластичными смазочными материалами, улучшает трибологические характеристики тяжело-нагруженных узлов;

– **доказано**, что для повышения износостойкости тяжелонагруженных узлов трения необходимо применить системный подход (эмерджентности) – комбинированного метода, включающего модификацию поверхности трения путем электроискрового легирования в жидких средах и разработанной технологии получения пластичных смазочных материалов с присадками двойных метафосфатов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– **доказано:** а) влияние диффузионных процессов при электроискровом легировании в жидких средах на физико-механические и трибологические характеристики металлических трибосистем; б) влияние многофункциональных присадок неорганической природы на основе двойных метафосфатов в качестве добавки к пластичным смазкам на их трибологические характеристики;

– **применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован** и показал высокую эффективность метод применения квантово-химических расчетов для оценки энергии межатомного взаимодействия железа с различными элементами при электроискровом легировании и энергии связи молекулы $\text{CaZn}(\text{PO}_3)_4$ $\text{NiZn}(\text{PO}_3)_4$ с кластерами железа; использован комплекс сертифицированного лабораторного оборудования, а также разработанная и запатентованная машина трения, для оценки триботехнических характеристик поверхности трения и смазочных материалов;

– **изложен** механизм упрочнения трибоконтактных поверхностей и повышения их износостойкости на основе квантово-химических расчетов энергии связи и анализа диффузионных процессов атомов вольфрама и углерода в стальное контртело, а также синтез присадок к пластичным смазочным материалам, улучшающих триботехнические характеристики смазочных материалов;

– **раскрыты:** а) основные закономерности влияния технологических режимов обработки поверхности на физико-механические обрабатываемых поверхностей; б) особенности и перспективы использования электроискрового легирования в жидких средах для модифицирования поверхности трения с целью повышения ее физико-механических и трибологических характеристик;

– **изучен** механизм формирования упрочняющего слоя, полученного методом электроискрового легирования, за счет испарения и ионизации атомов вольфрама и деструкции межэлектродной среды.

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

– **разработан** комбинированный метод повышения износостойкости для узлов трения подвижного состава «пятник – подпятник» грузового вагона путем формирования покрытий электроискровым легированием и введения в пластичные смазочные материалы разработанных присадок метафосфатного состава;

– **определены** перспективы дальнейшего расширения, практического применения и совершенствования предложенного комбинированного метода повышения износостойкости для тяжело нагруженных узлов трения не только подвижного состава, но и в авиации, морском и наземном транспорте, в подъемно-транспортных механизмах строительных и других машин;

– **созданы** технологические рекомендации по выбору материалов и режимов для формирования модифицированной поверхности трения в производственных условиях;

– **представлены** результаты эксплуатационных испытаний узла «пятник-подпятник» грузового вагона, для которого реализован комбинированный метод, показавшие эффективность и перспективность промышленного внедрения предложенной технологии в компании ОАО «РЖД» при различных климатических условиях. Испытания, проведенные в вагонном ремонтном депо Татарская ВЧДР-4 Западно-Сибирской дирекции по ремонту пути и ВЧДр, Батайск АО «ВРК-1» филиал Северо-Кавказской железной дороге, позволили в 1,5 раза уменьшить износ опорной поверхности пятника.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– **для экспериментальных работ** на основе корректно поставленных задач использовалось своевременно поверенное стандартное и специальное эксперимен-

тальное оборудование, а именно: исследование механических свойств материалов на основе непрерывного индентирования, рентгеновской фотоэлектронной и оже-электронной спектроскопии, оптической микроскопии для определения морфологии, микрорельефа и анализа поверхности трения, машины трения СМТ-1, стенда для испытаний трибосопряжения «пятник-подпятник» и разработанной многофункциональной машины трения;

– **теория** построена на известных и широко апробированных данных и программных продуктах, согласуется с ранее опубликованными источниками и экспериментальными данными по теме диссертации;

– **идея базируется** на результатах современных и теоретических экспериментальных исследованиях отечественных и зарубежных ученых в области трибологии;

– **установлено** соответствие результатов влияния межэлектродной среды на физико-механические свойства приповерхностного слоя обрабатываемых поверхностей;

– **использованы** квантово-химические расчеты, базирующиеся на основных законах химии, современное лицензионное программное обеспечение ADF (Amsterdam Density Functional); модульный комплекс NanoTest 600; рентгеновская фотоэлектронная и оже-электронная спектроскопия на установке SPECS; растровая электронная микроскопия на микроскопе Zeiss EVO MA 18; машина трения СМТ-1; стенд для испытаний трибосопряжения «пятник-подпятник»; разработанная многофункциональная машина трения (патент RU 2624992).

Личный вклад соискателя состоит в анализе и обобщении научных исследований, отечественного и зарубежного опыта в области покрытий, смазочных материалов и присадок, что заключается в обосновании актуальности темы научных исследований; выполнении этапов исследований, включающих в себя: синтез присадок, проведение лабораторных исследований, самостоятельное проведение стендовых испытаний, подготовку в проведении эксплуатационных испытаний, с последующей обработкой полученных результатов.

В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания о том, что: желательно было бы провести исследования разработанного автором комбинированного метода в широком температурном интервале; делая вывод о повышении эксплуатационных свойств разработанной композиции для узла «пятник-подпятник», соискателю следовало бы провести оценку не только износостойкости, но и экономический эффект от разработанного комбинированного метода; автору следовало бы рассмотреть разработанную им технологию повышения износостойкости тяжело нагруженных трибосистем с применением комбинированного метода модифицирования поверхности трения не только в узлах подвижного состава, но и в других видах транспорта.

Соискатель Авилов В.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию. Результаты эксплуатационных испытаний показали эффективность работы предложенного комбинированного метода модифицирования поверхности в условиях низких температур в Сибири и в условиях положительных температур на Юге России. Проведенные автором эксплуатационные испытания показали эффективность комбинированного метода модифицирования поверхности трения с увеличением износостойкости в 1,5 раза,

что подтверждается актами эксплуатационных испытаний. В разделе по перспективам дальнейших исследований и рекомендаций по данной работе автор отмечает, что применение разработанного им комбинированного метода модифицирования поверхности открывает возможности его использования не только в узлах трения подвижного состава, но и в авиации, морском, наземном транспорте, а также в строительных и подъёмно-транспортных механизмах.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленных научных задач, обладает внутренним единством, что подтверждается корректной постановкой цели и задач исследований; содержит новые научные результаты, публикации и авторские свидетельства личного вклада автора в науку. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Работа характеризуется наличием четкого и последовательного изложения результатов и соответствует внутреннему единству.

На заседании «22» декабря 2025 года диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Авилова Виктора Владимировича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой научно обоснованно решение проблемы повышения износостойкости тяжело нагруженных трибосистем, работающих в условиях граничного трения, что соответствует критериям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 02.08.2016) «О порядке присуждения ученых степеней» к кандидатским диссертациям, и принял решение присудить Авилову Виктору Владимировичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 8 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, 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 физ.-мат. наук, доцент

Сидашов Андрей Вячеславович

«22» декабря 2025 г.