

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д 218.010.02, 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 21.12.2020 № 6

О присуждении Мантурову Дмитрию Сергеевичу, Российская Федерация, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение износостойкости металлических и металлополимерных трибосистем путем формирования структуры и свойств их поверхностного слоя» по специальности 05.02.04 – «Трение и износ в машинах» принята к защите 12.10.2020 г., протокол № 2, диссертационным советом Д 218.010.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (РОСЖЕЛДОР, 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2. Приказ Минобрнауки РФ № 714/нк от 02.11.2012), далее – ФГБОУ ВО РГУПС.

Соискатель Мантуров Дмитрий Сергеевич, 1983 г.р., в 2008 г. с отличием окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» по специальности «Локомотивы» с присуждением квалификации инженер путей сообщения. В 2020 г. окончил ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО РГУПС) с присвоением квалификации магистр по направлению подготовки «Машиностроение». С 2017 г. обучается в аспирантуре ФГБОУ ВО РГУПС по специальности 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация». Работает в ФГБОУ ВО РГУПС с 2009 г., в должности заведующего лабораторией кафедры «Теоретическая механика» ФГБОУ ВО РГУПС с 2014 г. по настоящее время.

Диссертация выполнена на кафедре «Теоретическая механика» ФГБОУ ВО РГУПС.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор РАН Колесников Игорь Владимирович, заведующий научно-исследовательской лабораторией «Нанотехнологии и новые материалы» научно-испытательного центра «Нанотехнологии и трибосистемы» НИЧ ФГБОУ ВО РГУПС.

Официальные оппоненты: Елагина Оксана Юрьевна – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Трибология и технологии ремонта нефтегазового оборудования» ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» (ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина»); Шульга Геннадий Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобили и транспортно-технологические комплексы» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (ФГБОУ ВО «ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова») – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (ФГБУН ИМАШ РАН), в своем положительном заключении, подписанном заведующим отделом «Трение, износ, смазка. Трибология» д.т.н., профессором Албагачиевым Али Юсуповичем и

главным научным сотрудником лаборатории методов смазки машин д.т.н. Буяновским Ильёй Александровичем и утвержденном директором, д.т.н., проф. Глазуновым В.А., указала, что диссертация Мантурова Д.С. является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научные результаты и технологические решения в области изучения механизма образования вторичных структур на металлополимерном трибоконтакте поверхностного слоя, обладающего способностью саморегулирования, а также в разработке критериев выбора материалов и режимов технологии модифицирования металлической поверхности трибоконтакта. Диссертация отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Мантуров Дмитрий Сергеевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.04 «Трение и износ в машинах».

Соискатель имеет 36 опубликованных работ, все по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК – 6 работ, в издании, включенном в базу данных Web of Science и Scopus – 7 работ. Объем опубликованных работ по теме диссертации 18,21 п.л. Авторский вклад 5,91 п.л. Все публикации достаточно полно отражают основные результаты исследований как триботехнических параметров разработанных композиционных материалов и покрытий, так и их физико-механические и технологические свойства. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Имеются ссылки на авторов и источники заимствования.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Трибологическое применение наночастиц, полученных с помощью бисерных мельниц / А.В. Смелов, Н.А. Мясникова, Д.С. Мантуров, Н.И. Никульшин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2012. – № 4. – С. 7–11.

2. Исследование трибологических характеристик полимерных гибридных нанокompозитов, используемых в качестве покрытий в узлах трения / В.И. Колесников, А.И. Буря, Д.С. Мантуров [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 2. – С. 12–15.

3. Kolesnikov, I.V. Frictional transfer and the self-organization phenomenon in the friction / I.V. Kolesnikov, D.S. Manturov // 13th International Conference on Films and Coatings // Journal of Physics: Conf. Series 857, 2017. – P. 197–200.

4. Экспериментальное изучение свойств смазочных композиций с присадками на основе фосфоровольфрамов / Н.А. Мясникова, Д.С. Мантуров, К.С. Лебединский [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2018. – № 1. – С. 21–27.

5. Tribological and Physicomechanical Properties of Oil-Filled, Phenilon-Based Composites / V.I. Kolesnikov, N.A. Myasnikova, Ph.V. Myasnikov, D.S. Manturov [et al.] // Journal of Friction and Wear. – 2018. – Vol. 39, No. 5. – P. 365–370.

6. Study of physical, mechanical and tribological properties of nanocomposites based on oil-filled polymers / P.G. Ivanochkin, S.A. Danilchenko, E.S. Novikov, D.S. Manturov [et al.] // Advanced Materials. Springer Proceedings in Physics. – 2018. – Vol. 207. – P. 469–478.

7. The study of tribological properties of composites based on phenylone and hybrid filler / I.V. Kolesnikov, N.A. Myasnikova, D.S. Manturov [et al.] // Advanced Materials. Springer Proceedings in Physics. – 2018. – Vol. 207. – P. 479–485.

8. Влияние физико-химических свойств и структуры наноприсадок на основе фосфоровольфраматов на формирование поверхностей трения / С.Ф. Ермаков, Д.Н. Шишияну, К.И. Карпенко, Н.А. Мясникова, Д.С. Мантуров // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 1. – С. 21–27.

9. Study of the phase composition and tribological properties of carbon tool steels after laser surface hardening by quasi-CW fiber laser / A.V. Sidashov, A.T. Kozakov, D.S. Manturov [et al.] // Surface and Coatings Technology. – 2020. – Vol. 385. – P. 125427.

10. Technologies for Improving the Wear Resistance of Heavily Loaded Tribosystems and Their Monitoring / V.I. Kolesnikov, V.D. Vereskun, D.S. Manturov [et al.] // Journal of Friction and Wear. – 2020. – Vol. 41. – P. 169–173.

11. Determining Friction Coefficient at Run-In Stage and Diagnosing the Point of Transition to Steady-State Phase Based on Acoustic Emission Signals / S.I. Builo, V.D. Vereskun, V.I. Kolesnikov, D.S. Manturov [et al.] // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2020. – Vol. 56. – P. 41–48.

12. Структурные аспекты износостойкости вакуумных ионно-плазменных покрытий / В.И. Колесников, О.В. Кудряков, Д.С. Мантуров [и др.] // Физическая мезомеханика. – 2020. – Т. 23, № 1. – С. 62–77.

13. Мантуров, Д.С. Методы повышения износостойкости металлополимерных и металлических трибосистем / Д.С. Мантуров // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 2. – С. 15–24.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

- **ведущей организации** – ФГБУН ИМАШ РАН. Отзыв положительный. Замечания: **1.** В диссертации не сформулированы принципы создания композиционных материалов, которые при трении формируют оптимальные вторичные структуры на рабочих поверхностях контактирующих тел. **2.** В диссертации не раскрыты принципы обеспечения совместимости контактирующих тел. **3.** Исследование трибологических характеристик проводилось при комнатных температурах, в то время как температуры в реальных узлах трения в северных и южных районах нашей страны меняются в пределах +50...-50°С. **4.** Автором предложены достаточно эффективные экспериментальные методы исследования оценки количественного и качественного состава перенесенных на металлическое контртело поверхностных структур из композиционного полимерного материала с помощью ИК-спектроскопии, рентгеноэлектронной и оже-электронной спектроскопии. Однако остается неясным, справедливы ли они для любого класса металлополимерных трибосистем и каковы пути широкого практического использования полученных закономерностей в различных областях техники? **5.** Из текста не понятно, как проводилась обработка результатов эксперимента (не указана дисперсия, доверительный интервал и прочее). **6.** В диссертации не указано, для каких диапазонов нагрузок и скоростей скольжения допустимо применение разработанных автором композиционных полимерных материалов, а также модификации металлической поверхности методами вакуумной ионно-плазменной обработки;

- **официального оппонента** – д.т.н., профессора, заведующего кафедрой «Трибология и технологии ремонта нефтегазового оборудования» ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» **Елагиной Оксаны Юрьевны**. Отзыв положительный. Замечания: **1.** Рассмотренные в работе тяжело нагруженные узлы трения эксплуатируются в различных по назначению механизмах, что накладывает определенную специфику на условия их работы. Их рассмотрение в

одной работе затрудняет восприятие диссертационного исследования. Хотелось бы, чтобы автор в дальнейшем конкретизировал сферу своих научных исследований. **2.** При оценке физико-механических характеристик композиционных материалов и ионно-плазменных покрытий автор определяет только два показателя - твердость и модуль упругости. Не ясно, почему автор не определял для полимерного композита такие стандартные для полимеров свойства как относительное удлинение и прочность на разрыв, что позволило бы сравнить полученные характеристики со свойствами других композиций. **3.** В работе нет указаний, при каких режимах, условиях будет происходить нарушение целостности вторичных структур, сформированных в процессе трения, и наступит непосредственно контакт трущихся сопряжений. **4.** На стр. 107 говорится: «Для гетерофазных покрытий системы CrAlSiN в качестве оптимальной толщины покрытия при использовании в нагруженных трибосопряжениях принято эмпирическое значение $1,0 \pm 0,2$ мкм». Считаю некорректным формулировку со словами «оптимальной», так как нет границы условий ни по скорости, ни по нагрузке работы трибосопряжения. **5.** По результатам проведенных стендовых испытаний трибосопряжения «пятник – подпятник» грузового вагона не проводилось определение показателей долговечности запрессованных вставок полимерных композиций, что важно для определения срока наработки на отказ узла трения.

- **официального оппонента** – д.т.н., профессора кафедры «Автомобили и транспортно-технологические комплексы» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» **Шульги Геннадия Ивановича**. Отзыв положительный. Замечания: **1.** В качестве матрицы полимерного композиционного материала выбран фенилон С-2, который создает в зоне контакта вторичные структуры в виде пленки переноса. Следовало бы провести сравнительные испытания других полимерных материалов, способных создавать пленки переноса, которые можно использовать в качестве матрицы при разработке новых полимерных композиционных материалов. **2.** При разработке полимерного композиционного антифрикционного материала использовано для армирования волокно арамид-Т. Однако не указаны критическая длина волокна, его диаметр, совместимость с матрицей полимерного материала, его ориентация и влияние на физикомеханические свойства композиционного материала. Следовало бы также исследованиями показать роль шпинели в композиционном материале. **3.** В заключении диссертации в выводе 5 отмечается, что «при граничном трении покрытия системы CrAlSiN минимизация коэффициентов трения достигается путем применения серосодержащих присадок для модифицирования смазочных материалов». В авиационное масло «Турбоникойл 98» автор предлагает добавлять осерненное касторовое масло с различным содержанием серы. Однако растительное касторовое масло, обладая высокими температурами застывания, при его введении будет снижать низкотемпературные пределы авиационного масла «Турбоникойл 98», что может ограничивать применение его в летательных аппаратах на больших высотах. **4.** В диссертации применяются термины, не соответствующие современным требованиям ГОСТ 27674-88 «Трение, изнашивание и смазка». Так на стр.100 использован термин «сухое трение», нужно использовать «трение без смазочного материала»; на стр. 117 используется термин «смазка», нужно использовать «смазочный материал» и др.

На автореферат поступило 11 отзывов. Все отзывы положительные.

1. Отзыв д.т.н., проф., зав. кафедрой «Основы конструирования машин» ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П.

Королева» **Балякина Валерия Борисовича**. Замечания: **1.** В автореферате следовало бы привести диапазон нагрузок, скоростей, температур в контактной зоне фрикционных узлов, при которых образуются и функционируют вторичные структуры.

2. Отзыв д.т.н., первого заместителя управляющего директора по реализации стратегии развития, реформированию и инвестициям ПАО «Роствертол» **Шамшуры Сергея Александровича**. Замечания: **1.** В связи с тем, что вертолет МИ-26 работает как в Арктике, так и в условиях крайнего Севера, то автору необходимо указать температурные условия работы, представленных автором материалов и технологий нанесения ионно-плазменных покрытий. **2.** Из автореферата не ясно, почему шероховатость не ниже 10-го класса обеспечивает качественное осаждение тонких вакуумных ионноплазменных покрытий.

3. Отзыв д.т.н., профессора кафедры «Основы конструирования механизмов и машин» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» **Шустера Лёвы Шмульевича**. Замечание: **1.** В автореферате не приведено обоснование применения одного и того же показателя интенсивности изнашивания образцов и контртела (табл. 2), хотя изнашивание образцов зависит не только от пути трения, но от числа воздействий.

4. Отзыв д.т.н., доцента, зав. кафедрой «Технология металлов» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I» **Воробьева Александра Алфеевича**. Замечание: **1.** На стр. 15 указано контртело из твердого сплава ВК (WC+Co) без указания марки сплава. Какой именно твердый сплав использовался в качестве контртела?

5. Отзыв к.т.н., заместителя генерального директора АО «ВНИКТИ» **Лунина Андрея Александровича**. Замечание: **1.** На основании результатов стендовых испытаний трибоконтакта «пятник-подпятник» с металлополимерным композиционным материалом автору следует уточнить необходимую толщину ионно-плазменного покрытия для обеспечения ресурса пластины-прокладки до очередного ремонта тележки грузового вагона. **2.** В автореферате отсутствует обоснование требуемой шероховатости, внесенной автором в вывод № 3 как условие для обеспечения адгезионной прочности ионно-плазменных покрытий.

6. Отзыв к.т.н., главного научного сотрудника института АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» **Богданова Виктора Михайловича**. Замечаний нет.

7. Отзыв д.т.н., проф., зав. лабораторией механики полимерных композиционных материалов ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения РАН **Панина Сергея Викторовича** и к.ф.-м.н., старшего научного сотрудника лаборатории механики полимерных композиционных материалов **Корниенко Людмилы Александровны**. Замечание: **1.** В автореферате автор работы не указал положения, выносимые на защиту.

8. Отзыв к.т.н., доцента кафедры «Высокоэффективные технологии обработки» ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН» **Федорова Сергея Вольдемаровича**. Замечание: **1.** Не ясно, при какой температуре проводились трибологические испытания полимерных композиционных материалов и как будут себя вести коэффициенты трения при ее увеличении до значений, при которых происходит окисление покрытия в трущейся паре. **2.** Распределение элементов в покрытии, как правило, достаточно далеко от стехиометрического состава и зависит от давления рабочего газа в вакуумной камере при нанесении. **3.** Из рисунка 5 не понятно, с какой

точностью были определены концентрации элементов при ионном профилировании.

4. Из автореферата не ясно, на основании каких экспериментальных данных автором сделаны выводы 3 и 4, особенно в части роли дислокаций несоответствия.

9. **Отзыв** чл.-корр. РАН, проф., научного руководителя ИПМаш РАН **Индейцева Дмитрия Анатольевича**. Замечание: 1. Определенные места в рассуждении автора требуют доказательств. К примеру, утверждение об удержании второго слоя за счет электростатических сил нуждается в проверке, хотя бы из самых общих положений классической физики.

10. **Отзыв** главного инженера дороги СКЖД филиала ОАО «РЖД» **Черномазова Александра Владимировича**. Замечание: 1. В автореферате сделан акцент на возможности использования в одном из узлов железнодорожного подвижного состава и вертолета. Целесообразно в дальнейшем рассмотреть возможность расширения спектра применения предлагаемой разработки в различных узлах железнодорожной инфраструктуры, подверженных повышенному трению, с экспериментальной оценкой и фиксацией наблюдений по изменению динамики износа; 2. Целесообразно далее в экспериментальных условиях рассмотреть различные температурные условия возможной эксплуатации, в том числе в случае резкого понижения или повышения температуры.

11. **Отзыв** д.т.н., проф., зав. кафедрой «Теория механизмов и машин и детали машин» ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» **Федорова Сергея Васильевича**. Замечание: 1. На стр. 5 и 6 автореферата указаны диапазоны толщины гетерофазной наноструктуры покрытия системы CrAlSiN соответственно 1,0-1,5 мкм и 0,8-1,2 мкм. Почему они различаются? Не следует ли их обобщить размером 0,8-1,5 мкм? Толщины ли это в рамках понятия о равновесной шероховатости или же толщины поверхности с учетом и шероховатости, и прилегающей к ней объема (например, по модели сферичности)? 2. На стр. 11 автореферата в конце второго абзаца автор, характеризуя стабильную работу образованных структур на поверхности, обозначает это неопределенной фразой «...длится значительно дольше со значительным снижением коэффициента трения»? Корректно ли так указывать без числовых характеристик эти значительности. 3. Имеют место опечатки.

Выбор ведущей организации определяется специализацией и достаточно высоким уровнем ее лабораторий в рассматриваемой области исследований, значительным количеством эффективных разработок и широким кругом публикаций ее сотрудников в ведущих специализированных изданиях. Выбор официальных оппонентов обосновывается достижением ими ряда значимых результатов в рассматриваемой области исследования, публикационной активностью, наличием опыта работы в области трения и изнашивания трибосистем, создания новых композиционных материалов и покрытий и подготовки научных кадров, наличием соответствующих научных степеней.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработана:** научная концепция формирования вторичных структур в металлополимерном узле трения и технология модифицирования металлической поверхности путем ионно-плазменного нанесения покрытий, включая: а) методику выбора наполнителей и наноразмерных добавок в полимеры с целью формирования вторичных структур на металлическом контртеле; б) критерии выбора материалов и

технологических режимов нанесения многокомпонентного вакуумного ионно-плазменного покрытия;

- **предложены:** а) научная гипотеза механизма и кинетики формирования вторичных структур для металлополимерных трибосистем; б) технология и материалы для формирования вакуумных ионно-плазменных покрытий;

- **доказано:** повышение износостойкости: а) для металлополимерных узлов трения в процессе образования вторичных структур; б) для контактных поверхностей металлической пары трения в процессе формирования гетерофазной наноструктуры покрытия CrAlSiN;

- **сформулированы:** условия совместимости электро-физико-химических свойств наполнителей и наноразмерных добавок, вводимых в полимерную матрицу, а также выбор технологических режимов нанесения ионно-плазменных покрытий.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказано** а) необходимость учета функциональной взаимосвязи электро-физико-химических характеристик наполнителей и нанодобавок в композит для реализации последовательности образования вторичных структур; б) для достижения эффекта повышения износостойкости при использовании ионно-плазменных покрытий в тяжело нагруженных трибосопряжениях необходима минимизация толщины покрытия до значений $1,0 \pm 0,2$ мкм, а также выбор поверхности образцов для нанесения покрытия не ниже 10-го класса шероховатости, обеспечивающий качественное осаждение тонких вакуумных ионно-плазменных покрытий;

- **применительно** к проблематике диссертации результативно использованы современные представления об электронном строении вещества и физико-химических процессах при формировании вторичных структур, теоретические методы обработки и интерпретации ИК- и оже- спектров, математические методы статистической обработки результатов измерений. Достоверность и научная значимость теоретических заключений во многом определяется применением современного прецизионного экспериментального оборудования.

- **изложены:** а) закономерности формирования вторичных структур фрикционного переноса полимерных композиционных материалов на металлическое контртело; б) обобщенные рекомендации по выбору наполнителей и нанодобавок в композит; в) закономерности по влиянию технологии, состава и структуры ионно-плазменных покрытий на их физико-механические и трибологические характеристики; г) основные методики и этапы эксплуатационных лабораторных испытаний по определению физико-механических и трибологических характеристик композитов и ионно-плазменных покрытий;

- **раскрыты:** основные механизмы электро-физико-химической совместимости компонентов в полимерном композите, а также нанесенных износостойких ионно-плазменных покрытий с составом применяемого смазочного материала;

- **изучен:** механизм образования вторичных структур на контактных металлополимерных сопряжениях, а также поверхностях, подвергнутых ионно-вакуумному модифицированию и работающих в условиях граничной смазки с участием электронодонорных соединений;

- **проведена модернизация** технологий подготовки субстрата и нанесения многокомпонентного ионно-вакуумного покрытия на рабочие контактные поверхности трибосистем.

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

- **разработаны и удовлетворительно прошли промышленные испытания:** полимерного композиционного материала на основе фенилона С-2 с наполнителями аримид-Т, шпинель, фторопласт в тяжело нагруженных узлах трения подвижного состава - «пятник-подпятник» на Северо-Кавказской железной дороге, что подтверждено актом технических испытаний от 15.07.2020 г. и актом использования в вагонном ремонтном депо АО «ВРК-1» г. Батайска от 04.08.2020 г. Кроме того, испытана технология нанесения вакуумно ионно-плазменных покрытий в условиях применения трансмиссионных масел с серосодержащими присадками, обеспечивающими повышение износостойкости и долговечности шлицевого соединения хвостовой трансмиссии вертолета МИ-26М, что подтверждено актом стендовых испытаний от 09.07.2020 г.;

- **определены:** перспективы дальнейшего расширения практического применения и совершенствования разработанных полимерных композиционных материалов и вакуумных ионно-плазменных покрытий;

- **создана** система практических рекомендаций по разработке инновационного класса металлополимерных и металлических узлов трения и управления их свойствами, путем применения разработанной методики выбора материалов и технологий, что позволяет получить новые высокоэффективные материалы и покрытия;

- **представлены:** а) закономерности формирования вторичных структур при фрикционном переносе полимерных композиционных материалов на металлическое контртело; б) методические рекомендации по дальнейшему совершенствованию и развитию принципов совместимости компонентов износостойких ионно-плазменных покрытий трибоповерхности со смазочными материалами, что открывает перспективы разработки нового класса антифрикционных материалов для современных трибосистем.

Оценка достоверности результатов исследования выявила следующее:

- **для экспериментальных работ:** достоверность обеспечивается в результате получения данных на современном высокоточном своевременном поверенном экспериментальном оборудовании (система анализа поверхности Specs для рентгеноэлектронной и оже-электронной спектроскопии; инфракрасный фурье-спектрометр Nicolet Series; микроскоп LEXT OLS5000 для определения морфологии, микрорельефа и анализа поверхности трения; многофункциональная платформа для исследования механических свойств твердых тел NANOTEST 600; оптические микроскопы METAM PB 22 и ZEISS Neophot 21; электронные сканирующие микроскопы ZEISS EVO MA 18 и двулучевой (электронный/ионный) ZEISS CrossBeam 340, оснащенные энергодисперсионными рентгеновскими детекторами (EDAX) модели X-Max; машины трения ИИ5018 и TRB), а также 3 – 5-кратным повторением параллельных опытов и статистической обработкой их результатов;

- **теория:** построена на использовании современных представлениях об электронном строении материи, базовых положениях электро-физико-химической совместимости материалов, и согласуется с экспериментальными данными и аналогами, опубликованными по теме диссертации;

- **идея базируется:** на анализе и обобщении передового опыта выдающихся достижений отечественных и зарубежных ученых в области трения металлополимерных и металлических трибосопряжений, а также на возможностях современных средств экспериментальных исследований;

- **использованы** апробированные методики проведения исследований на современном высокоточном физическом оборудовании, а также на разработанных автором оригинальных специальных стендах.

Личный вклад соискателя состоит в: формулировке технической проблемы и задач работы, проведении экспериментальных исследований, их анализе и обработке, обосновании физической модели образования вторичных структур на поверхности трения, разработке программы лабораторных и стендовых испытаний и участии в них, подготовке основных публикаций по выполненной работе, обобщении полученных результатов и формировании практических рекомендаций для использования полимерного композиционного материала и вакуумных ионно-плазменных покрытий в реальной технике.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленных научных задач, обладает внутренним единством, что подтверждается корректной постановкой цели и задач исследований; содержит новые научные результаты, а также свидетельства личного вклада автора в науку.

На заседании «21» декабря 2020 года диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Мантурова Дмитрия Сергеевича представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научно-обоснованные технико-технологические решения, направленные на совершенствование триботехнических систем с антифрикционными полимерными материалами и вакуумными ионно-плазменными покрытиями, внедрение которых вносит существенный вклад в развитие триботехники, что соответствует требованиям 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 Мантурову Дмитрию Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.02.04 – «Трение и износ в машинах».

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 10 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – 0, воздержалось – 0.

Председатель диссертационного совета
Д 218.010.02 академик РАН,
д-р техн. наук, профессор



Колесников Владимир Иванович

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 218.010.02
д-р техн. наук, профессор

Щербак Петр Николаевич