

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 26.12.2023 № 6

О присуждении Нихотиной Надежде Владимировне, Российская Федерация, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Применение антифрикционных композиционных фторопластсодержащих покрытий при возвратно-поступательном движении» по специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах принята к защите 09.10.2023 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, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2, Приказ Минобрнауки РФ № 227/нк от 14.02.2023, далее – ФГБОУ ВО РГУПС.

Соискатель Нихотина Надежда Владимировна, 8 июля 1989 года рождения, в 2015 г. с отличием окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» по специальности 151001 «Технология машиностроения». В 2017 г. с отличием окончила магистратуру ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения» по направлению подготовки 15.04.01 «Машиностроение». В 2021 г. окончила очную аспирантуру ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО РГУПС) по направлению подготовки 15.06.01 – «Машиностроение». В настоящее время работает в должности ассистента на кафедре «Технология металлов» ФГБОУ ВО РГУПС.

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

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология металлов» Кохановский Вадим Алексеевич ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», РОСЖЕЛДОР.

Официальные оппоненты:

- Елагина Оксана Юрьевна – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Трибология и технология ремонта нефтегазового оборудования» ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» (г. Москва);

- Бурлакова Виктория Эдуардовна – доктор технических наук, профессор заведующая кафедрой «Химия» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (г. Ростов-на-Дону).

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова» (ФГБОУ ВО ЮРГПУ (НПИ)) г. Новочеркасск – в своем положительном отзыве, подписанном Исаковым Владимиром Семеновичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Автомобили и транспортно-технологические комплексы», а также Тамадаевым Вячеславом Гарановичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Технология машиностроения, технологические машины и оборудование» и утвержденном Пузиным Владимиром Сергеевичем, кандидатом технических наук, доцентом, проректором по научной работе и инновационной деятельности ФГБОУ ВО ЮРГПУ (НПИ)), указала, что диссертация Нихотиной Надежды Владимировны «Применение антифрикционных композиционных фторопластсодержащих покрытий при возвратно-поступательном движении» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой изложены новые, научно обоснованные технические, технологические решения и разработки антифрикционных композиционных фторопластсодержащих покрытий при возвратно-поступательном движении, что имеет существенное значение для повышения долговечности узлов трения и развития авиационной промышленности, станкостроения, сельхозмашиностроения и других машиностроительных областей страны. Диссертация соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Нихотина Надежда Владимировна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах.

Соискатель имеет 23 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 11 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 2 работы, в изданиях, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science – 3, также имеется 2 патента РФ на полезную модель. Объем опубликованных работ по теме диссертации составляет 2,54 п.л. Авторский вклад – 1,62 п.л. Все публикации достаточно полно отражают основные результаты исследований. Они посвящены проблемам расширения области применения высокоэффективных металлополимерных фторопластсодержащих трибосистем в условиях – при коэффициенте взаимного перекрытия меньше единицы. В работе имеются ссылки на авторов и источники заимствования.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Кохановский, В. А. Влияние окружающей среды на антифрикционные покрытия / В.А. Кохановский, В.В. Рубанов, Н.В. Нихотина // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения.–2018.–№3 (71).– С. 22-27.

2. Kokhanovskii, V. Coefficient of mutual overlap in metal-polymer tribosystems / V. Kokhanovskii, N. Nihotina, M. Nikitina // Journal of Physics: Conference Series, Divnomorskoe, 31 мая – 06 2021 года. – Divnomorskoe, 2021. – P. 052031. – DOI 10.1088/1742-6596/2131/5/052031.

3. Нихотина, Н.В. Приработка фторопластсодержащих покрытий при поступательном движении / Н.В. Нихотина // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – №1 (85). –С. 29-35.

4. Kokhanovskii, V. A. Metal–Polymer Frictional Contact in Reciprocating Motion / V. A. Kokhanovskii, N. V. Nikhotina // Russian Engineering Research. – 2022. – Vol. 42, No. 3. – P. 223-227. – DOI 10.3103/S1068798X22030091.

5. Kokhanovskiy, V. A. Friction of Fluoroplastic Coatings in Swinging Motion / V. A. Kokhanovskiy, N. V. Nikhotina // Russian Engineering Research –2022. – Vol. 42, No. 4. – P. 339-341. – DOI 10.3103/S1068798X22040177.

6. Патент на полезную модель RU 177431 U1, 21.02.2018, «Узел трения скольжения с плавающим вкладышем для реверсивного движения» Кохановский В.А., Нихотина Н.В., Больших И.В.

7. Патент на полезную модель № RU190621U1, 04.07.2019, «Опорный шкворневой узел» / В.А. Кохановский, П.Г. Иваночкин, М.А. Мукутадзе, Н.В. Нихотина, Е.В. Рязанова, С.С. Черняев. Заявка № 2019113876 от 06.05.2019.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

– **ведущей организации** – ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет им. Платова (НПИ)». Отзыв положительный. Замечания: **1.** В диссертационной работе следовало бы дать более подробное объяснение, в чем отличаются механизмы взаимодействия контактирующих тел в трибосопряжениях при возвратно-поступательном движении. **2.** В литературном обзоре следовало бы отметить вклад в разработку и исследование антифрикционных полимерных материалов научных школ академика, профессора, д.т.н. Колесникова В.И., профессора, д.т.н. Евдокимова Ю.А., профессора, д.т.н. Кутькова А.А., профессора д.т.н. Грибовой И.А., академика, профессора, д.т.н. Коршака В.С., академика Белоруссии, профессора, д.т.н. Белого В.А., изучение реверсивного трения профессора, д.т.н. Евдокимова В.Д. **3.** Следовало бы дать схему структур антифрикционных покрытий, состоящих из тканых каркасов (атлас и саржа), армированных нитями «полифен» и полиимидными нитями «аримид-Т», и показать роль политетрафторэтилена в механизме антифрикционных действий покрытия, в частности, массопереноса в трибосопряжениях. **4.** В работе не определялась температура вспышки в трибоконтате полимер-металл. **5.** На стр. 49, 52 диссертации автор использует термины: «генерация тепла», «количество тепла», следовало бы использовать термины: «генерация теплоты», «количество теплоты».

– **официального оппонента** – доктора технических наук, профессора, заведующей кафедрой «Трибология и технология ремонта нефтегазового оборудования» ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» (г. Москва) **Елагиной Оксаны Юрьевны**. Отзыв положительный. Замечания: **1.** В разделе 2.1 при использовании модели вязкоупругой деформации покрытия, возникающей при перемещении штока и описанной в статьях 132 и 133, не указано, при каких нагрузочно-скоростных параметрах были получены модели и как они соответствуют условиям нагружения, принятым в данной работе. **2.** При моделировании температурного режима работы пары трения сделано допущение о том, что источником теплоты является вся кольцевая поверхность образца, однако далее при определении количества теплоты, выделяющегося в рабочей контактной зоне, использовано выражение (2.57), учитывающее неполное перекрытие трибосистемы. Также при расчете теплопередачи в окружающую среду не учтен

эффект возвратного тепла, возникающий из-за разницы скоростей подвода и отвода теплоты на границе контакта металлическая втулка-окружающая среда. 3. Не понятно, чем обосновано при расчете напряженно-деформированного состояния материала полимерного покрытия допущение о нулевом уровне касательных напряжений сдвига. Низкое значение коэффициента трения является следствием малой межслойной прочности материала, а не причиной отсутствия касательных напряжений. 4. В работе имеются ряд мелких недостатков оформления и орфографических ошибок (стр. 37-38, 45, 73, 82, 104). Также не понятно, зачем в работе использована нетипичная для технических работ терминология, в частности «субстрат»

– **официального оппонента** – доктора технических наук, профессора, заведующей кафедрой «Химия» ФГБОУ ВО «Донской государственной технической университет» (г. Ростов-на-Дону) **Бурлаковой Виктории Эдуардовны**. Отзыв положительный. Замечания: 1. В главе 3, посвященной методике исследований, отсутствует обоснование номенклатуры материалов для контртел, применяемых в исследуемых трибосистемах. 2. Не ясна причина выбора структуры регрессионных моделей в виде степенных функций. 3. В главе 4 на рисунках 4.1 и 4.3 приведены столбчатые диаграммы без доверительных интервалов, что не позволяет установить степень статической значимости указанных величин. 4. В работе присутствует большое количество стилистических и пунктуационных ошибок.

На автореферат поступило 8 отзывов. Все отзывы положительные.

1. **Отзыв** доктора технических наук, доцента заведующего кафедрой «Колесные и гусеничные машины» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)» **Гаврилова Константина Владимировича**. Замечания: 1. Не вполне оправдано применение кольцевого характера контактного источника тепла при температурных расчетах в результате пренебрежения зазорами между полуштулками образцов. 2. Недостаточно обоснован выбор материалов контртел для исследуемых трибосистем.

2. **Отзыв** кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения» **Свечникова Андрея Александровича**. Замечания: 1. Из автореферата не ясно, прорабатывалась ли практическая сторона вопроса внедрения антифрикционных композиционных фторопластсодержащих покрытий на действующем производстве. И в связи с этим неясно, определялись ли стоимости жизненного цикла изделий при применении предлагаемых антифрикционных композиционных фторопластсодержащих покрытий.

3. **Отзыв** доктора технических наук, главного научного сотрудника ФГБН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН» **Сахвадзе Геронтия Жоровича**. Замечания: 1. В реферате отсутствуют данные о составе матричного связующего, одновременно являющимся адгезивом для фиксации покрытия. 2. К рисунку 11 имеются недостаточное пояснение, почему интенсивность износа повышается при снижении скорости исследуемой трибосистемы.

4. Отзыв доктора технических наук, профессора кафедры «Автомобильный транспорт» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)» **Задорожной Елены Анатольевны**. Замечания: **1.** В автореферате отсутствуют данные о применении покрытий для более крупногабаритных трибосистем, что должно способствовать снижению температуры в зоне трения и повышению эксплуатационных режимов. **2.** На схеме (рисунок 5) скорость относится как к теоретическим, так и к экспериментальным исследованиям, а в теоретической части работы скорость не определяется

5. Отзыв доктора технических наук, профессора заведующего кафедрой «Теоретическая и прикладная механика» ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения» **Николаева Виктора Александровича**. Замечания: **1.** В автореферате не указана марка материала, для которого получены зависимости трибопараметра от шероховатости (20). **2.** Не ясно, почему значение верхнего предела нагрузки автор принимает равны 22 МПа (табл. 2, 3, 4), в то время как на с. 13 автор отмечает, что существуют нагрузки порядка 150 МПа и более.

6. Отзыв, доктора технических наук, доцента, декана факультета среднего профессионального образования ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» **Корнеева Андрея Юрьевича**. Замечания: **1.** Не приведено влияние материалов контртел на трибопараметры не только в стационарном, но и в прирабочном. **2.** В таблице 4 не указаны размерности приведенных трибопараметров.

7. Отзыв доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Триботехническое материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» **Памфилова Евгения Анатольевича** и доктора технических наук, доцента кафедры «Триботехническое материаловедение и технологии материалов» **Пилюшиной Галины Анатольевны**. Замечания: работа выглядела бы значительно более полной при дополнительном рассмотрении следующего: **1.** Получения данных о влиянии прирабочных режимов на контактные параметры покрытий с различным тканым каркасом. **2.** Желательно дополнить исследования выражением, характеризующим превышение максимальных контактных давлений над средними расчетными для всего исследованного температурного режима.

8. Отзыв доктора технических наук, профессора кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей» ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», почетного работника ВПО РФ **Копченкова Вячеслава Григорьевича**. Замечания: **1.** Из автореферата не ясно (вывод 4) как выглядит и что собой представляет «конструкция металлополимерной трибосистемы, обеспечивающая эффективную эксплуатацию». **2.** Не ясен способ определения коэффициента теплоотдачи образцов при тепловых расчетах.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– разработана новая научная концепция, позволяющая выполнять инженерные расчеты, расширяющие границы применимости металлополимерных

трибосистем с фторопластсодержащим покрытием при возвратно-поступательном движении;

- **предложена** и защищена патентом на полезную модель конструкция шкворневого узла с коэффициентом взаимного перекрытия меньше единицы;

- **доказана** возможность эффективного применения полимерных фторопластсодержащих покрытий трибосистем в условиях возвратно-поступательного движения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказана** эффективность расчетов параметров контактного взаимодействия в металлополимерной трибосистеме, позволяющая расширить границы применимости фторопластсодержащих покрытий;

- **применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован** комплекс базовых методов исследований полимерных материалов с вязкоупругими свойствами;

- **изложено** применение закономерностей напряженно-деформированного состояния вязкоупругого материала покрытия, а также его термофизических свойств для расчетов условий эффективного применения полимерных антифрикционных покрытий при коэффициенте взаимного перекрытия меньше единицы;

- **раскрыта** причина почти двукратного превышения давления в диаметральном сечении трибосистемы его средней величины;

- **изучено** влияние температуры на приработочные параметры металлополимерной трибосистемы (износ и время приработки), позволяющие управлять соотношением этих параметров;

- **проведена** модернизация моделей контактирования, разработанных для вращательного движения применительно к возвратно-поступательному.

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

- **разработаны и прошли** промышленные испытания металлополимерные трибосистемы с фторопластсодержащим покрытием на технологическом оборудовании Лопастного завода Ростовского-на-Дону ПАО «Роствертол», что подтверждается актом. Результаты авторских научных исследований внедрены в образовательные технологии и учебный процесс ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения» на кафедре «Технология металлов»;

- **определен** рациональный диапазон эксплуатационных нагрузочно-скоростных режимов, позволяющий эффективно применять разработанные трибосистемы при возвратно-поступательном движении;

- **создана** методика подбора тканых структур антифрикционных композиционных покрытий для работы металлополимерной трибосистемы в условиях возвратно-поступательного движения;

- **представлены** методические рекомендации для инженерных расчетов металлополимерных трибосистем с фторопластсодержащими покрытиями на основе комплекса теоретических и экспериментальных моделей.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- для экспериментальных работ получены результаты на основе двухуровневых полнофакторных планов исследований, проведенных с трех- и пятикратным числом параллельных опытов при учете статистических критериев;
- теория является основой для полученных теоретических расчетных моделей, выполненных на базе классической теории вязкоупругости полимерных материалов и теплофизических законов Фурье и Ньютона;
- идея базируется на анализе практического применения металлополимерных трибосистем;
- использованы литературные данные для сравнения авторских результатов с полученными ранее данными других исследователей;
- установлено удовлетворительное соответствие результатов теоретических исследований с полученными экспериментальными данными;
- использованы современные методики сбора и обработки исходной информации с применением интернет-ресурсов, а также результатов практических исследований и отчетов, опубликованных в научных журналах и сборниках научных трудов конференций. Проведен патентный поиск, связанный с разработками в области металлополимерных трибосистем.

Личный вклад соискателя состоит в обосновании актуальности темы научных исследований, анализе отечественного и зарубежного опыта применения фторопластсодержащих покрытий; проектировании рабочего стенда и самостоятельном выполнении всех экспериментальных исследований с последующей обработкой их результатов и получении регрессионных моделей; в анализе результатов и формулировке выводов, а также в подготовке основных публикаций по выполненной работе и апробации полученных результатов на научно-практических конференциях.

В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания о том, что следует провести эксплуатационные испытания разработанных трибосистем на крупногабаритных узлах трения, а также высказано замечание о необходимости расчетов доверительных интервалов у сравниваемых параметров контртел и покрытий.

Соискатель Нихотина Н.В. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию: первый экспериментальный результат работы крупногабаритных трибосистем с покрытиями получен в ходе промышленных испытаний и дал положительный результат. Представленная диаграмма обеспечивает наглядную разницу в величинах трибопараметров контртел и покрытий.

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

На заседании «26» декабря 2023 года диссертационный совет принял решение за разработанные новые научно обоснованные технические и технологические решения в области применения высокоэффективных антифрикционных композиционных фторопластсодержащих покрытий, обеспечение методики инженерных расчетов в рациональном диапазоне эксплуатационных режимов и повышение ресурса металлополимерной трибосистемы присудить Нихотиной Надежде Владимировне ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 7 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

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

«26» декабря 2023 г.