

ОТЗЫВ

**официального оппонента доктора технических наук,
профессора Шульги Геннадия Ивановича
на диссертацию Кирищевой Виктории Игоревны
«Повышение эксплуатационных характеристик
металлополимерных фторопластсодержащих подшипников»,
представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности
2.5.3.Трение и износ в машинах**

1. Актуальность избранной темы

В современном железнодорожном транспорте, автомобилестроении, машиностроении, авиастроении большое внимание уделяется проблемам трения, износа и смазки трибосопряжений машин, механизмов, приборов. Перспективными направлениями для повышения износостойкости, долговечности трибосопряжений является использование новых антифрикционных композиционных полимерных материалов.

В настоящее время для различных тяжело нагруженных узлов трения применяются металлополимерные трибосистемы с покрытиями из полимерных фторопластсодержащих самосмазывающихся композитов, выполненных на основе тканевых каркасов. Для трибосистем используется композиционная структура, которая включает в себя полимерную матрицу с армирующим каркасом из специально изготовленной ткани из полимерных и антифрикционных фторопластовых нитей.

Автором предложено использовать специальные антифрикционные покрытия для выполнения работ в режиме граничного трения при самосмазывании фторопластом. В таких условиях средние контактные напряжения могут достигать до 100 МПа, а скорости перемещений до 0,2–0,3 м/с. Ограничение скорости связано с теплостойкостью полимеров, что требует разработки более высокой их теплостойкости.

Создание современных конкурентоспособных машин возможно только при использовании соответствующих инструментов проектирования, основу которых составляют математические модели.

Развитие математических моделей и методов оценки показателей долговечности узлов и сопряжений деталей машин, определяющих их ресурс, является важным теоретически и востребовано практикой. Актуальность темы представленной работы несомненна, а решаемые в ней задачи связаны с дальнейшим развитием методов расчёта и проектирования сложнагруженных

подшипников скольжения, методов их имитационного моделирования и установления ресурса при работе в условиях гидродинамического смазывания.

2 Оценка содержания диссертации, ее завершенности и качества оформления

Рукопись диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложения. Текст изложен на 151 странице, включает 11 таблиц, 43 рисунка. Список использованных источников содержит 194 наименований.

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, показана степень её разработанности, сформулированы научная проблема и цель исследования, определены объект и предмет исследования, перечислены задачи исследования, сформулирована научная новизна работы, описана теоретическая и практическая значимость работы, представлены методология и методы исследования, определены положения, выносимые на защиту, обоснована степень достоверности, приведены сведения о реализации и апробации результатов исследования, дан краткий обзор содержания структурных элементов диссертации.

В первой главе выполнен аналитический обзор, содержащий сведения о вязкоупругой деформации (ползучести) полимера под рабочей нагрузкой, которая, увеличивая контактную поверхность, препятствует образованию гидродинамического клина и переходу трибосистемы к жидкостному трению.

Анализ изученных материалов показал перспективность имеющегося решения, отсутствие систематических данных о его применении и направление дальнейших исследований.

Вторая глава посвящена теоретическим исследованиям, позволяющим разработать расчетные модели для установления рациональных параметров осевой канавки при смазывании вязкими или микрополярными смазочными материалами, а также с обычным и некруглым контуром адаптированной к условиям трения поверхности втулки.

В третьей главе описана методика выполненных исследований.

В четвертой главе приведен результат экспериментальных исследований.

В заключении приводятся итоги выполненной работы: основные результаты и выводы, рекомендации по использованию результатов исследования и перспективы развития.

В приложении представлены результаты промышленных испытаний, проведенных на Ростовском-на-Дону электровозоремонтном заводе – филиале АО «Желдорремаш» в узле пружинно-вальценовального станка.

Таким образом, содержание диссертации охватывает основные вопросы поставленной научной проблемы и соответствует критерию внутреннего

- системностью, последовательностью, согласованностью, логичностью и непротиворечивостью изложения результатов;
- обоснованностью актуальности темы исследования, структуры диссертации, концепции и программы исследования;
- взаимосвязанной методологической платформой и концептуальными решениями;
- взаимосвязью основной идейной линии, частных и общих выводов.

3. Соответствие публикаций и автореферата основным положениям диссертации

Представленные в диссертации научные положения, выносимые на защиту, достаточно полно отражены в 30 научных работах автора, что свидетельствует о новизне результатов исследования. Основные научные результаты в период с 2020 по 2023 гг. соискателем опубликованы в 14 статьях в рецензируемых научных изданиях из Перечня ВАК и приравненных к ним зарубежных научных изданиях.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации, в автореферате изложены основные идеи и выводы диссертации, показан вклад автора в проведённое исследование, степень новизны и практическая значимость результатов исследований.

В диссертации отсутствуют заимствованные материалы без ссылок на авторов и источники заимствования. В тексте диссертации приведены ссылки на совместные работы, выполненные соискателем в соавторстве

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

В диссертации содержится совокупность из пяти логически взаимосвязанных положений, обладающих научной новизной, реализация которых способствует повышению достоверности результатов оценки ресурса сложнонагруженных сопряжений машин на этапах их проектирования и при повышении технического уровня уже существующих с учётом противоизносных свойств смазочных материалов, конструктивных, эксплуатационных и режимных факторов.

Первое положение – комплекс расчетных моделей радиальных подшипников скольжения с опорным профилем, имеющим на опорной поверхности фторопластсодержащее композиционное полимерное покрытие с оптимальной величиной осевой канавки, обеспечивающее возможность перехода от граничного к гидродинамическому режиму смазывания под влиянием изменения нагрузочно-скоростных режимов.

Второе положение – сформированный комплекс расчетных моделей радиальных подшипников скольжения с осевой канавкой на опорной поверхности

подшипниковой втулки и полимерным антифрикционным покрытием, эксплуатируемых в граничном или гидродинамическом режиме, при учете специфики применяемых смазочных материалов, обладающих истинно вязкими или микрополярными реологическими свойствами.

Третье положение – конструкцию для проектирования разработанных радиальных подшипников с антифрикционными фторопластсодержащими полимерными покрытиями и осевой канавкой на опорной поверхности втулок с круговым и некруговым контуром, при учете зависимости вязкости смазочного материала от давления при ламинарном режиме течения истинно вязкого или микрополярного смазочного материала.

Четвертое положение – расчетные модели радиальных подшипников с антифрикционным полимерным покрытием с осевой канавкой, обеспечивающим переход от граничного к жидкостному трению, при одновременном учете зависимости вязкости истинно вязкого смазочного материала от давления и температуры при турбулентном режиме трения.

Пятое положение – регрессионные модели влияния нагрузочно-скоростных режимов на величину коэффициента трения при смазывании вязким или микрополярным смазочным материалом.

Доказательная база основных положений диссертационной работы усиливается достаточно обширным и убедительным списком использованных источников, а также работами самого соискателя, в которых отсутствуют противоречия с результатами ранее выполненных исследований.

В заключение диссертации сформулировано шесть пунктов результатов и выводов, а также рекомендации и перспективы развития темы.

В преамбуле автор представляет в сжатом виде основную суть своих исследований в виде формулы диссертации.

В заключении также содержатся конкретные рекомендации использования результатов исследования и описание перспектив дальнейшей разработки темы. Целесообразность и обоснованность данного пункта не вызывает сомнения.

Следует отметить удачное совмещение представления результатов и выводов, что повышает информативность работы. В целом по содержанию результаты и выводы отражают решение основных задач исследования. Результаты и выводы являются обобщением теоретических и экспериментальных результатов и представляют несомненную ценность для науки и практики, обладают существенной научной новизной и достоверностью.

В целом, обоснованность научных положений, выводов и рекомендации диссертанта подтверждается:

-выбранной методологической базой из ранее полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований по решаемой проблеме;

- корректностью применения апробированного в научной практике понятийного, исследовательского и аналитического аппарата;
- новизной научных положений, выносимых на защиту, значением их для отрасли научных знаний;
- глубоким анализом полученных выводов и закономерностей, доказательством их как основания предложенных рекомендаций;
- сопоставлением результатов исследования с данными зарубежного и отечественного опыта;
- публикациями основных результатов исследования в рецензируемых научных изданиях, включенных в Перечень ВАК.

5. Достоверность полученных результатов

Достоверность результатов исследования обеспечена следующими факторами:

- использование современных методик сбора и обработки исходной информации;
- построение теории на известных, проверяемых данных, и согласованием ее с результатами ранее выполненных исследований;
- получение экспериментальных данных в результате стендовых испытаний с использованием стандартных и апробированных методов исследований и сертифицированного оборудования;
- установление сходимости результатов экспериментальных и теоретических исследований, совпадение с результатами, представленными в независимых источниках по теме диссертационного исследования;
- непосредственное участие соискателя в получении исходных данных и научных экспериментах;
- точность измерения параметров исследуемых объектов.

Таким образом, все научные положения, выводы и рекомендации обоснованы и достоверны.

6. Научная и практическая ценность работы

Научная ценность работы заключается в развитии теории и практики исследований по обоснованию конструктивно-технологических требований к параметрам и характеристикам подшипников скольжения на основе новой информации о закономерностях трения, изнашивания и смазки, что позволяет выявить и реализовать резерв повышения долговечности.

Теоретическая значимость основных результатов диссертации заключается в том, что разработанные научные положения, уточняющие математические модели, закономерности концепции оценки влияния параметров осевой канавки на опорной поверхности радиального подшипника скольжения с

фторопластсодержащим антифрикционным полимерным покрытием, а также адаптированным к условиям трения опорным профилем при учете зависимости реологических свойств смазочного материала, обладающего при ламинарном и турбулентном режиме течения истинно вязкими или микрополярными свойствами, от давления или от давления и температуры одновременно являются значительным вкладом в методологию расчета смазываемых сложнагруженных подшипников скольжения и проектирования машин.

Практическое значение использования полученных научных результатов радиальных подшипников скольжения с полимерным антифрикционным покрытием, имеющим осевую канавку и адаптированный к условиям трения опорный профиль, смазываемых истинно вязкими и микрополярными смазочными материалами, подтверждается их эксплуатационной проверкой и удовлетворительными результатами промышленных испытаний в узле пружинно-вальценовального станка на Ростовском-на-Дону электровозоремонтном заводе – филиале АО «Желдорремаш» (г. Ростов-на-Дону).

Практическая значимость также заключается в оптимизации ширины и глубины осевой канавки на опорной поверхности подшипниковой втулки радиального подшипника с антифрикционным полимерным покрытием на основе величины гидродинамического давления, несущей способности и коэффициента трения.

Результаты работы могут быть использованы в практике машиностроительных предприятий и в учебном процессе.

Вышеизложенное позволяет утверждать, что рецензируемая работа вносит существенный вклад в теорию и практику проектирования объектов машиностроения.

Полученные в диссертации результаты значимы для развития научной специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах, поскольку они вносят вклад в разработку теорий, методов расчётов и проектирования машин, систем приводов, узлов и деталей машин, а именно, моделирования процессов трения, изнашивания и смазки подшипников скольжения, значение для экономики народного хозяйства, состоит в совершенствовании существующих и создания новых машин высокой долговечности и надёжности, обладающих конкурентоспособностью на мировом рынке.

7. Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Содержание диссертации соответствует заявляемым областям исследований паспорта научной специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах: п. 4 «Смазочное действие: «гидро- и газодинамическая смазка...»; п. 7 «Триботехнические свойства материалов, покрытий...»; п. 8 «Триботехнические свойства смазочных материалов»; п. 10 «Физическое и математическое

моделирование...».

8. Замечания по работе

1. Фторопластовые нити полифен ТУ 6-06-9-7-81 получают из ненаполненного наполнителями фторопласта -4. Фторопласт-4 обладает низким коэффициентом трения, но и одновременно низкой износостойкостью. Полиимидные нити Аримид Т ТУ6-06-911-80 без наполнителей обладают высоким коэффициентом трения 0,6-0,7. В начальный период работы и в конце работы подшипникового узла в период граничного трения покрытие может изнашиваться и канавка, созданная на покрытии, будет уменьшаться в размерах по высоте. Автору следовало бы проработать вариант расчетов, когда канавка имеется на покрытии и втулке подшипника. При износе покрытия канавка во втулке будет поддерживать гидродинамический режим трения, увеличивая ресурс работы подшипника.

2. Автором рассматривается модель установившегося движения микрополярного смазочного материала, содержащего частицы меди в рабочем зазоре бесконечного радиального подшипника скольжения. Однако не указывается на дисперсность частиц, их стабилизацию от выпадения в осадок поверхно-активными веществами из объема смазочного материала. Не отмечена роль частиц меди в режиме граничного трения на начальной стадии и конечной стадиях процесса работы подшипника скольжения.

3. Расчетная схема подшипника скольжения рис.2.2, стр.39 с расположением канавки внизу и подачей смазочного материала в зону контакта вал-втулка и схема с расположением канавок сверху колодки рис 3.3 – Схема базирования и установки колодки стр.94, рис 3.6– Экспериментальная пара трения схема стр.101, при экспериментальных исследованиях отличаются друг от друга. Автор не объясняет, насколько корректно такое расхождение в теоретических расчетах и предложенной методике.

4. При постановке задач 2, 6, где рассматривается модель турбулентного движения истинно вязкого смазочного материала в рабочем зазоре бесконечного радиального подшипника и определении несущей способности и силы трения получены математические формулы сложные для инженерных расчетов. И автору следует в будущем произвести их упрощении для практического пользования.

9. Заключение о соответствии диссертации установленным

критериям Положения о присуждении ученых степеней

В целом диссертационная работа обладает научной новизной и практической значимостью, выполнена на высоком методическом и теоретико-экспериментальном уровне. Качественное техническое оформление (достаточное количество графиков, рисунков, таблиц), чёткое и корректное изложение материала диссертации с приведением результатов расчетов отражают цель

диссертационной работы. Сформулированные научные задачи успешно решены, что позволяет сделать вывод о завершенности работы.

Диссертация Кирищевой Виктории Игоревны «Повышение эксплуатационных характеристик металлополимерных фторопластсодержащих подшипников» выполнена на высоком научном уровне. Работа соответствует установленным требованиям к оформлению и структуре диссертации. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертация представляет собой завершенную научно- квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические, технологические решения и разработки в сфере повышения износостойкости, долговечности металлополимерных и радиальных подшипников скольжения путем разработки расчетных моделей, имеющих существенное значение для развития железнодорожного, авиационного транспорта, машиностроительных отраслей страны.

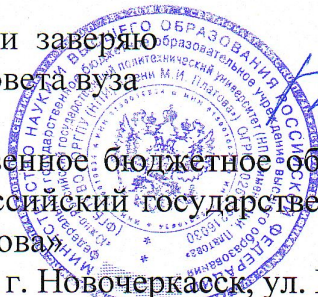
Диссертация соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней (п. 9-11,13,14), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Кирищева Виктория Игоревна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.3 Трение и износ в машинах.

Официальный оппонент – доктор технических наук
05.02.04 – Трение и износ в машинах, 05.02.01 – Материаловедение
(машиностроение),
профессор кафедры «Автомобили и транспортно-технологические комплексы»
ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет
(НПИ) имени М.И. Платова»,
профессор



Шульга Геннадий Иванович
« 8 » декабря 2023 г.

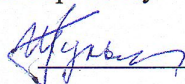
Подпись Г.И. Шульги заверяю
Ученый секретарь Совета вуза



Н.Н. Холодкова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»,
346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132
Тел.: (8635)25-56-72; E-mail: mehan-fakultet@mail.ru

Даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.



Шульга Геннадий Иванович