

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 25.12.2023 № 5

О присуждении Киришиевой Виктории Игоревне, Российская Федерация, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение эксплуатационных характеристик металлополимерных фторопластсодержащих подшипников» по специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах принята к защите 09.10.2023 г. протокол заседания № 4 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 № 561/нк от 03.06.2021, далее – ФГБОУ ВО РГУПС.

Соискатель Киришиева Виктория Игоревна, 06 июля 1990 года рождения, в 2012 г. с отличием окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» с присуждением квалификации инженер по специальности «Стандартизация и сертификация». В 2013 г. с отличием окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» по направлению подготовки «Управление качеством» (магистратура) и присвоено специальное звание магистр-инженер. Обучается в очной аспирантуре ФГБОУ ВО РГУПС по научной специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах. Работает в должности старшего преподавателя кафедры «Экономика, учет и анализ» ФГБОУ ВО РГУПС (РОСЖЕЛДОР).

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

Научный руководитель – Мукутадзе Мурман Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор, заведующий кафедрой «Высшая математика» ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения».

Официальные оппоненты: Задорожная Елена Анатольевна, доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобильный транспорт» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)» (г. Челябинск); Шульга Геннадий Иванович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автомобили и транспортно-технологические комплексы» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (г. Новочеркасск) – дали положительные отзывы на диссертацию.

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

(ИМАШ РАН), г. Москва – в своем положительном заключении, подписанном Албагачиевым Али Юсуповичем, д.т.н., профессор, заведующий отделом «Трение, износ и смазка. Трибология» и утвержденном заместителем директора ИМАШ РАН по научной работе, д.т.н., профессором М.Н. Ерофеевым, указала, что диссертация Киришиевой В.И. «Повышение эксплуатационных характеристик металлополимерных фторопластсодержащих подшипников» обладает внутренним единством, выполнена на актуальную тему, имеет научную новизну, а полученные результаты имеют практическую ценность. Диссертация представляет собой самостоятельную, законченную, научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки по гидродинамическому расчету радиальных подшипников скольжения с фторопластсодержащим антифрикционным полимерным покрытием с осевой канавкой, заменяющим аварийный недостаток смазочного материала. Диссертационная работа соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Киришиева Виктория Игоревна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах.

Соискатель имеет 30 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 30 работ, из них в рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ – 12, в изданиях, входящих в международные базы данных Scopus и Web of Science – 2. Объем опубликованных работ по теме диссертации составляет 14,63 п.л. Авторский вклад – 8,06 п.л. Все публикации достаточно полно отражают основные результаты исследований триботехнических параметров радиальных подшипников скольжения, имеющих на опорной поверхности полимерное фторопластсодержащее покрытие с осевой канавкой и адаптированным, к условиям трения, профилем с учетом ньютоновской и неньютоновской реологии смазочного материала в условиях ламинарного или турбулентного характера течения. В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1 Расчетная модель радиального подшипника с нестандартным опорным профилем / В.Н. Багрова, В.В. Василенко, В.И. Киришиева, М.А. Мукутадзе // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 2(82). – С. 17–24. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_2_17.

2 Задорожная, Н.С. Расчетная модель микрополярного смазочного материала в подшипнике с плавким покрытием при неполном заполнении рабочего зазора / Н.С. Задорожная, М.А. Мукутадзе, В.И. Киришиева // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4(84). – С. 8–17. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_8.

3 Mathematical model of micropolar lubricant considering viscosity-pressure dependence / A.V. Morozova, N.S. Zadorozhnaya, M.A. Mukutadze, V.I. Kirishchieva // Journal of Physics Conference Series, International Conference on Automatics and Energy (ICAE 2021) 7–8 October 2021, Vladivostok, Russia. – Vol. 2096. – P. 012104. – DOI 10.1088/1742-6596/2096/1/012104.

4 Повышение износостойкости радиального подшипника с нестандартным опорным профилем и полимерным покрытием на поверхности вала с учетом зависимости вязкости от давления / Х.Н. Абдулрахман, В.И. Кирищикова, М.А. Мукутадзе, В.Е. Шведова // *Frontier Materials & Technologies*. – 2022. – № 4. – С. 9–17. – DOI 10.18323/2782-4039-2022-4-9-17.

5 Кирищикова, В.И. Моделирование методики повышения износостойкости радиального подшипника с полимерным покрытием / В.И. Кирищикова // *Инженерный вестник Дона. Электронный научный журнал*. – 2022. – № 10. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2022/7954 (дата обращения 10.07.2023).

6 Кирищикова, В.И. Повышение износостойкости радиального подшипника с некруговым опорным профилем и фторопластсодержащим композиционным полимерным покрытием / В.И. Кирищикова, М.А. Мукутадзе // *Транспортное машиностроение*. – 2022. – № 11(11). – DOI 10.30987/2782-5957-2022-11-10-17.

7 Кирищикова, В.И. Повышение износостойкости радиального подшипника с полимерным покрытием, работающего на микрополярном смазочном материале / В.И. Кирищикова, М.А. Мукутадзе // *Омский научный вестник*. – 2022. – № 4(184). – С. 41–45. – DOI 10.25206/1813-8225-2022-184-41-45.

8 Кирищикова, В.И. Повышение износостойкости радиального подшипника с полимерным покрытием / В.И. Кирищикова, М.А. Мукутадзе // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. – 2022. – № 5(355). – С. 3–8. – DOI 10.33979/2073-7408-2022-355-5-3-8.

9 Кирищикова, В.И. Повышение износостойкости путем формирования автомодельных методов расчета некругового радиального подшипника с полимерным покрытием / В.И. Кирищикова, М.А. Мукутадзе // *Сборка в машиностроении, приборостроении*. – 2022. – № 11. – С.506–510. – DOI 10.36652/0202-3350-2022-23-11-506-510.

10 Задорожная, Н.С. Расчетная модель радиального подшипника скольжения с нестандартным опорным профилем и полимерным покрытием поверхности вала / Н.С. Задорожная, В.И. Кирищикова, М.А. Мукутадзе // *Вестник РГАТА имени П.А. Соловьева*. – 2022. – № 4(63). – С. 90–96. – EDN CCOMYS.

11 Повышение износостойкости подшипника скольжения с полимерным покрытием опорного кольца, имеющим канавку / В.В. Василенко, В.И. Кирищикова, М.А. Мукутадзе, В.Е. Шведова // *Advanced Engineering Research*. – 2022. – Т. 22, № 4(22). – С. 365–372. – DOI 10.23947/2687-1653-2022-22-4-365-372.

12 Андреева, О.Б. Повышение износостойкости радиального подшипника с полимерным покрытием, работающего на микрополярном смазочном материале / О.Б. Андреева, В.И. Кирищикова, М.А. Мукутадзе // *Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова*. – 2022. – Т. 25, № 3. – С. 23–31. – <https://doi.org/10.22213/2413-1172-2022-3-23-31>.

13 Повышение износостойкости радиального подшипника с нестандартным опорным профилем и полимерным покрытием / В.И. Кирищикова, И.А. Колобов, М.А. Мукутадзе, В.Е. Шведова // *Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения*. – 2022. – № 3(87). – С. 18–25. – DOI 10.46973/0201-727X_2022_3_18.

14 Кирищикова, В.И. Повышение износостойкости радиального подшипника с нестандартным опорным профилем и полимерным покрытием на поверхности вала /

В.И. Киришиева, Е.О. Лагунова, М.А. Мукутадзе // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2023. – № 2(100). – С. 15–23. – DOI 10.54708/19926502_2023_27210015.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

– **ведущей организации** – ФГБУН Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук. Отзыв положительный. Замечания: **1.** В диссертации приведены расчетные модели радиальных подшипников с фторопласт-содержащим антифрикционным полимерным покрытием с осевой канавкой, без описания технологии их нанесения и их влияния на граничный смазочный слой. **2.** В работе при проведении экспериментов со смазочным материалом, обладающим вязкими и микрополярными реологическими свойствами, были использованы масло МС-20, ТП-22С и их смесь с добавками. Однако не указываются их вводимая концентрация, технология стабилизации в смазочных слоях МС-20 и ТП-22С, а также их влияние на вязкость смазочного материала. **3.** В работе не указываются размеры и форма частиц меди и способ их перемешивания со смазочным материалом. **4.** Следовало построить и привести для смазочного материала кривую Герси-Штрибека.

– **официального оппонента** – д.т.н., профессора кафедры «Автомобильный транспорт» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)» **Задорожной Елены Анатольевны**. Отзыв положительный. Замечания: **1.** В степени разработанности проблемы не представлены представители иностранных научных школ, что визуально снижает проведенный анализ актуальности темы. В списке литературы приведены три работы иностранных школ гидродинамики 1986 года. **2.** Автор на защиту выносит универсальные модели расчета радиальных подшипников скольжения, но в силу введенных во второй главе допущений должны быть введены ограничения по применимости разработанных моделей. Применение модели бесконечного подшипника никак не обосновано. Также не указан диапазон удельных нагрузок и скоростей скольжения, для которых допустимо применение расчетных моделей. **3.** В тексте приведено допущение (стр. 43), что рабочий зазор подшипника между втулкой и валом полностью заполнен несжимаемым вязким жидким смазочным материалом. Однако многочисленными исследованиями других авторов подтверждено, что при работе тяжело нагруженных подшипников скольжения зазор заполнен лишь частично. **4.** Из текста не ясно, учитывался ли эффект течения смазочного материала из канавки в несущую область подшипника и обратно. **5.** В ходе выполнения работ создано множество математических моделей. Был ли разработан и зарегистрирован программный продукт, как инструмент для расчета подобных конструкций?

– **официального оппонента** – д.т.н., профессора кафедры «Автомобили и транспортно-технологические комплексы» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (ФГБОУ ВО ЮРГПУ) **Шульги Геннадия Ивановича**. Отзыв положительный. Замечания: **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 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. 38 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. 95, рис. 3.6 – Экспериментальная пара трения схема, стр. 102 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 упрощения для практического их пользования.

На автореферат поступило 11 отзывов. Все отзывы положительные.

1. Отзыв д.т.н., профессора кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Донской государственной технической университет» **Бутенко Виктора Ивановича**. Замечание: **1.** Формулировки модельных задач, изложенные в автореферате, предполагают постоянство температуры смазочного слоя, которая считается заданной. Это серьезное допущение, которое требует обоснования.

2. Отзыв д.т.н., и.о. заведующего кафедрой «Эксплуатация автомобильного транспорта» (ЭАТ) Набережночелнинского института (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (НЧИ КФУ) проф. **Калимуллина Руслана Флюоровича** и к.т.н., доцента, доцента кафедры ЭАТ НЧИ КФУ **Барыкина Алексея Юрьевича**. Замечания: **1.** Описанию содержания первой главы в автореферате уделено чрезвычайно мало внимания, что вызывает необходимость обращаться непосредственно к тексту диссертации. **2.** В работе не рассмотрены адгезионная и когезионная составляющие сопротивления трения, соотношение между которыми может изменяться в значительной степени из-за влияния условий взаимодействия тел, в частности, из-за геометрии контакта и характера обработки поверхностей, их площади и свойств смазочного материала. Игнорирование адгезии может привести к неточности оценки граничного трения. **3.** Необходимо было обосновать достоверность расчёта величины кинематической вязкости без учёта напряжения сдвига слоев смазочного материала для рассматриваемых условий эксплуатации металлополимерных фторопластсодержащих радиальных подшипников скольжения.

3. Отзыв д.т.н., доцента, генерального директора ООО «Хозрасчетный творческий центр Уфимского авиационного института» (ООО ХТЦ УАИ) **Шолом Владимира Юрьевича**. Замечания: **1.** К сожалению, автор не приводит в автореферате указаний на область применения каждого разработанного расчетного метода к диапазону их рабочих характеристик. **2.** Нет количественной (в %) оценки «повышения» нагрузочной способности разработанного комплекса расчетных моделей новых трибосистем подшипников по сравнению с традиционными. **3.** Не показана технология нанесения композитного покрытия на втулку-вкладыш подшипника, которая должна обеспечивать точность геометрических размеров.

4. Отзыв к.т.н., доцента, зав. кафедрой «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения» **Свечникова Андрея Александровича**. Замечание: **1.** Целесообразно было бы рассмотреть влияние температуры на реологические свойства смазочного материала.

5. Отзыв д.т.н., главного научного сотрудника ФГБУН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН» **Сахвадзе Геронтия Жоровича**. Замечания: **1.** Было бы желательным и дающим дополнительное обоснование выводам работы сопоставление результатов, полученных аналитически и численно, хотя бы для отдельных задач. **2.** В впервые появляющихся формулах не раскрываются смысл вводимых обозначений, что затрудняет дальнейшее чтение автореферата.

6. Отзыв д.т.н., доцента, заведующего кафедрой «Колесные и гусеничные машины» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)» **Гаврилова Константина Владимировича**. Замечания: **1.** Большинство параметров, решаемых в диссертации задач, задаются безразмерными, что снижает наглядность полученных результатов из-за отсутствия ссылок на конкретные параметры с указанием размеров, скоростей, давления, реологии смазочных сред. **2.** Автором приводятся недостаточно источников зарубежных и отечественных исследований, касающихся различных подшипниковых опор, и в которых помимо несущей способности и коэффициента трения рассчитывается толщина смазочного слоя

7. Отзыв д.т.н., профессора, заведующего кафедрой «Теоретическая и прикладная механика» ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения» **Николаева Виктора Александровича**. Замечания: **1.** Известно, что в условиях адиабатического процесса система не обменивается теплотой с окружающим пространством. В связи с этим возникает вопрос: в какой мере обосновано принятое автором при формировании расчетных моделей подшипников скольжения различных типов положение, что процесс является адиабатическим? **2.** Автору следовало бы объяснить: почему, как показано на рис. 2, гидродинамическое давление для скоростей 0,2 м/с и 1,0 м/с минимально при скорости 1,5 м/с.

8. Отзыв д.т.н., профессора, заведующего кафедрой «Трибология и технологии ремонта нефтегазового оборудования» ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина» **Елагиной Оксаны Юрьевны**. Замечание: **1.** К сожалению, автор не приводит в автореферате указаний на область применения каждой разработанной расчетной модели.

9. Отзыв д.т.н., профессора, профессора кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей» ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»,

почетного работника ВПО РФ **Копченкова Вячеслава Григорьевича**. Замечания: **1.** По тексту изложения материала в автореферате невозможно выделить, что скрывается за понятием «полимерными фторопластсодержащими покрытиями». **2.** Из материалов автореферата не ясно, почему принято расположение канавки как показано на рис.1, а не в зоне установленного повышенного давления левее оси вращения. **3.** Из материалов автореферата не ясно, почему в основу научной проработки не принята величина глубины канавки, а только ширины канавки, ведь как следует из рис.2 именно она снижет гидродинамическое давление, «что свидетельствует о повышении вклада жидкостного смазывания в общий процесс трения».

10. Отзыв д.т.н., профессора, зав. кафедрой «Триботехническое материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» **Памфилова Евгения Анатольевича** и д.т.н., профессора **Пилюшиной Галины Анатольевны**. Замечания: **1.** В экспериментальной главе отсутствуют доверительные интервалы графических зависимостей, приведенные на рисунке. Их наличие позволило бы в полной мере оценить достоверность получаемых результатов и повысить их практическую ценность. **2.** При обработке результатов исследований было бы желательно выполнить ранжирование степени влияния факторов на получаемые значения коэффициента трения и выявить возможные пути его минимизации.

11. Отзыв д.т.н., доцента, декана факультета среднего профессионального образования ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» **Корнеева Андрея Юрьевича**. Замечания: **1.** В работе следовало бы учитывать зависимость вязкости смазочного материала от температуры, что является, на наш взгляд, более важным, чем влияние давления. **2.** Не указана модель турбулентности, используемая в инженерных расчетах, что связано, судя по всему, с ограниченностью объема автореферата.

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

– **разработан** и реализован комплекс математических моделей, описывающих механизмы трения в радиальных подшипниках скольжения, имеющих на опорной поверхности полимерное фторопластсодержащее покрытие с осевой канавкой и профилем, адаптированным к конкретным режимам трения, при учете влияния гидродинамического давления на реологические свойства смазочных материалов;

– **предложена** методика моделирования процесса изнашивания радиальных подшипников скольжения с фторопластсодержащим полимерным покрытием и осевой канавкой на опорной поверхности с учетом взаимодействия с поверхностями трения смазочных материалов, обладающих при ламинарном и турбулентном режиме течения истинно вязкими или микрополярными реологическими свойствами;

– **оценено** значение рационального сочетания состава фторопластсодержащего полимера для покрытия опорной поверхности, обеспечивающей наиболее эффективный режим смазывания как в граничном, так и гидродинамическом режиме;

– **предложен** сформированный комплекс расчетных моделей радиальных подшипников скольжения с фторопластсодержащим полимерным покрытием и осевой канавкой на опорной поверхности, позволяющий учитывать при выполнении расчетов зависимости вязкости смазочного материала от давления и температуры при ламинарном и турбулентном режимах течения;

– **доказана** корректность и информативность расчетных моделей радиальных подшипников с полимерными фторопластсодержащими покрытиями, имеющими осевую канавку и адаптированный к условиям трения профиль опорной поверхности, на основе установления характера влияния на нагрузочную способность и потери на трение, а также автоматической смены режимов смазывания с граничного на гидродинамический;

– **введены** автомодельные переменные в расчеты по формированию моделей различного типа в зависимости от конструктивных особенностей радиальных подшипников с композиционным фторопластсодержащим покрытием, имеющим осевую канавку.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– **доказана** целесообразность комплексного учета вязкостно-температурных реологических и противоизносных свойств смазочного материала и композиционного фторопластсодержащего покрытия с осевой канавкой на опорной поверхности при ламинарном и турбулентном режимах течения смазочного материала при анализе нагруженности, работоспособности и оценке ресурса подшипников;

– **применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован** комплекс существующих и разработанных автором методов расчета гидродинамических характеристик радиальных подшипников скольжения, что позволило получить оценку ресурса подшипников с учетом различного уровня противоизносных свойств смазочных материалов и композиционных фторопластсодержащих покрытий с осевой канавкой на опорной поверхности, обусловленных наличием адсорбционного высоковязкого слоя;

– **изложена** концепция оценки ресурса радиальных подшипников скольжения, ведущая роль в которой отводится влиянию свойств смазочных материалов и композиционных фторопластсодержащих покрытий на скорость изнашивания поверхности трения радиальных подшипников, имеющих адаптированный к условиям нагруженности профиль опорной поверхности;

– **раскрыты** закономерности и перспективы применения радиальных подшипников скольжения с фторопластсодержащими полимерными покрытиями и осевой канавкой, имеющих адаптированный к условиям трения опорный профиль, повышающие нагрузочную способность, а также снижающие потери на трение с ростом параметров вязкости, зависимости от давления и температуры одновременно;

– **изучены** взаимосвязи уровня противоизносных свойств смазочных материалов и композиционных фторопластсодержащих покрытий с осевой канавкой на опорной поверхности радиальных подшипников скольжения с нестандартным опорным профилем и контактными параметрами, скоростью изнашивания элементов и несущей способности;

– **проведена** адаптация математических моделей изнашивания радиальных подшипников скольжения с композиционным фторопластсодержащим покрытием, имеющих осевую канавку и нестандартный опорный профиль, для оценки связи уровня противоизносных свойств смазочных материалов со скоростями изнашивания и ресурсом элементов для решения конкретных инженерных задач.

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

– **разработаны** новые расчетные модели радиальных подшипников скольжения, имеющих на опорной поверхности полимерное фторопластсодержащее покрытие с осевой канавкой и адаптированный к условиям трения профиль, учитывающие: условия нагружения подшипников; вязкостно-температурные; реологические и противоизносные свойства смазочных материалов, обладающих истинно вязкими или микрополярными реологическими свойствами; возможность работы подшипника при различных режимах смазывания;

– внедрение разработок проводится на Ростовском-на-Дону электровозоремонтном заводе (филиал АО «Желдорремаш») на пружино-вальценовальной станке, город Ростов-на-Дону;

– **определены** перспективы и области рационального применения разработанной методологии расчетов радиальных подшипников скольжения, имеющих на опорной поверхности композиционное фторопластсодержащее покрытие с осевой канавкой и нестандартный опорный профиль, в различных конструкторских бюро машиностроительных предприятий и в учебном процессе подготовки инженеров-трибологов;

– **созданы** конструкции модельных узлов подшипников скольжения, позволяющих расширить возможности серийных машин ИИ5018, Т-11, СМТ-1, ИИ611П для исследования процессов, происходящих в смазочном слое и композиционных фторопластсодержащих покрытиях при различных режимах смазывания;

– **представленный** в диссертации новый подход позволяет комплексно провести параметрические исследования, на основе которого разработаны рекомендации для повышения ресурса подшипников скольжения разной конструкции, имеющие на опорной поверхности фторопластсодержащее полимерное покрытие с осевой канавкой и адаптированный к условиям трения опорный профиль.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– **экспериментальные работы** проводились с использованием современного высокоточного и своевременно поверенного стандартного экспериментального оборудования (ИИ5018, ИИ611П, ротационный вискозиметр Rheotest RN4.1) и имитатор радиального подшипника; все эксперименты включали не менее трех параллельных опытов, а их результаты обрабатывались статически, что обеспечивает адекватность полученных экспериментальных результатов;

– **теория** позволила на основе общих положений гидродинамической теории течения жидкостей, уравнения неразрывности, уравнении Новье-Стокса и других ученых, дополненных уравнением скорости диссипации механической энергии, получить результаты, подтверждаемые лабораторными исследованиями и промышленными испытаниями;

– **идея базируется** на обобщении опыта и расширении области его применения для решения широкого спектра трибологических задач о работе радиальных подшипников скольжения, имеющих на опорной поверхности композиционное фторопластсодержащее покрытие с осевой канавкой и нестандартный опорный профиль;

– **использованы** результаты теоретических, эксплуатационных и экспериментальных исследований изнашивания стационарно нагруженных подшипников скольжения, полученные отечественными и зарубежными авторами по смежной тематике, для сравнительного анализа полученных данных;

– **установлено** качественное и количественное совпадение полученных автором результатов с известными теоретическими и экспериментальными данными, что подтверждает адекватность разработанных расчетных методик и алгоритмов;

– **использованы** современные методы сбора и обработки исходной информации для анализа параметров трения и изнашивания при проведении экспериментальных исследований на модельном подшипнике скольжения.

Личный вклад соискателя состоит в: сборе, обработке и анализе информации; корректной постановке и разрешении поставленных исследовательских задач; самостоятельном выборе общей методологии решения задач, численном анализе и графическом представлении результатов; выборе экспериментальных методик и оборудования; непосредственно в подготовке и проведении экспериментальных исследований; обработке, обсуждении, анализе и интерпретации результатов; разработке материалов для последующих промышленных испытаний и внедрения. Основные результаты, приведенные в диссертации, получены лично автором или при его непосредственном участии.

В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания, связанные с влиянием тепловых процессов, позволяющих учитывать вязкость жидкого смазочного материала; автору следует также учесть, что реализованные инженерные математические расчеты создают платформу для разработки специального программного продукта, что значительно облегчит пользование расчетными моделями.

Соискатель Киришиева В.И. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию. Учет изменения вязкости жидкого смазочного материала под действием температуры производится на основе экспериментов, выполненных на вискозиметре, расчеты по разработанным математическим моделям, выполнялись на локальных компьютерных программах. Полное формирование программного комплекса находится в стадии доработки.

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 «25» декабря 2023 года диссертационный совет принял решение за разработку теоретических положений – комплекса математических моделей для моделирования процессов изнашивания, оценки ресурса подшипников скольжения и экспериментальную проверку процессов, протекающих на трибоконтакте с учетом

эволюции свойств поверхностного слоя трущихся сопряжений, смазываемых неклассическими смазочными материалами и антифрикционными композиционными полимерными покрытиями триботехнических параметров радиальных подшипников скольжения, имеющих на опорной поверхности полимерное фторопластсодержащее покрытие с осевой канавкой, обладающих при различных режимах смазывания истинно вязкими или микрополярными реологическими свойствами, а также при учете адаптированного к условиям нагружения опорного профиля, позволяющих выполнять проектировочные и проверочные расчеты для инженерных целей, также в области их эксплуатации, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, присудить Киришиевой Виктории Игоревне ученую степень кандидата технических наук.


При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 9 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, 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

«25» декабря 2023 г.