



**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт машиноведения им. А.А. Благоднарова
Российской академии наук
(ИМАШ РАН)**

Малый Харитоньевский пер., дом 4, Москва, 101000
телефон/факс: (495) 624-98-00, (495) 624-98-63 e-mail: info@imash.ru, www.imash.ru
ОКПО 00224588, ОГРН 1037700067492, ИНН 7701018175, КПП 770101001



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора ИМАШ РАН
по научной работе

д.т.н., профессор  М.Н. Ерофеев

«10» ноября 2023 г.

**ОТЗЫВ
ведущей организации**

диссертации на диссертационную работу Киришиевой 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 темы

В современной технике очень остро стоит проблема повышения ресурса опор скольжения машин в самых разных областях промышленного производства. Одним из эффективных путей повышения ресурса является совершенствование конструкций, технологий изготовления узлов и экспликация при использовании высококачественных смазочных материалов.

Полимерные композиционные фторопластсодержащие материалы в виде антифрикционных покрытий в настоящее время широко применяются в тяжело нагруженных относительно низкоскоростных трибосистемах самых разных машин, значительно повышая ресурс узлов трения.

Несмотря на уникальные антифрикционные свойства фторопласта и его способность работать в узлах трения в режиме самосмазываемости, существенным резервом повышения его износостойкости является дополнительное применение смазочных материалов, что позволит расширить их скоростной диапазон, поскольку обеспечит переход от граничного трения самосмазыванием к жидкостному трению в условиях гидродинамики. Тогда во время пусков и выбегов будут работать покрытия, а в стационарный период – смазка.

Основы качества узлов трения закладываются в первую очередь при их расчетах и проектировании. Современные методы расчета и моделирования узлов трения машин активно развиваются и совершенствуются. Однако постоянное увеличение количества значимых параметров, влияющих на работу трибосопряжений, изменение условий их работы в направлении увеличения скоростей вращения и рабочей температуры, а также использование различных конструкционных материалов для получения защитного покрытия на металлических поверхностях вынуждают исследователей разрабатывать новые методики и математические модели для адекватного моделирования условий работы узлов трения.

Однако для расширения и конкретизации указанных исследований применительно к трибосопряжениям технологических машин, работающих в условиях действия ударных и вибрационных нагрузок, повышенных эксплуатационных и низких климатических температур, абразивного и коррозионно-механического воздействия, наличия химически агрессивных сред, возникает необходимость учета целого ряда особенностей подобных трибосистем.

Это обстоятельство подчеркивает важность разработки новых и повышения точности уже имеющихся расчетных моделей подшипников – одного из самых распространенных типов трибосопряжений.

Изложенное делает работу В. И. Киришиевой, направленную на повышение ресурса модифицированных металлополимерных радиальных подшипников скольжения путем разработки комплекса математических моделей и их экспериментальной верификации, интересной и актуальной как с теоретической, так и с прикладной общеинженерной позиции.

2. Научная новизна результатов исследования

На основе изучения и анализа современных направлений развития конструкций контактных поверхностей и применения эффективных смазочных материалов при эксплуатации подшипников скольжения разработана общая методология формирования задач и разработки расчетных моделей.

Новыми и наиболее существенными результатами работы являются следующие:

1. В исследуемых трибосистемах установлен характер влияния на несущую способность и силу трения конструкций радиальных подшипников скольжения с фторопластсодержащими композиционными полимерными покрытиями и осевой канавкой на опорной поверхности подшипниковой втулки. При чем одновременно учитывается зависимость вязкости смазочного материала от давления и температуры, в условиях ламинарного или турбулентного течения смазочного материала, обладающего стандартными и

неньютоновскими свойствами, при наличии в подшипнике адаптированного профиля опорной поверхности.

2. Сформирован комплекс уточненных расчетных моделей для выбора при проектировании требуемой конструкции радиальных подшипников скольжения с фторопластсодержащим полимерным покрытием и осевой канавкой, по оценке основных триботехнических параметров в различных условиях эксплуатации. Модели учитывают вязкие или микрополярные свойства жидкого смазочного материала при их ламинарном или турбулентном течении, а также стандартный или адаптированный профиль опорной поверхности. Это обеспечивает при увеличении скорости автоматическую смену режима смазывания от граничного к гидродинамическому.

3. Значимость полученных результатов для науки и практики

Значимость результатов исследований для науки о трении и изнашивании заключается в следующем:

1. Разработана система расчетных моделей для радиальных подшипников скольжения с фторопластсодержащим композиционным полимерным покрытием с осевой канавкой, охватывающая многопараметрические зависимости комплекса параметров, обеспечивающих повышение точности и универсальность моделей.

2. Кроме того, для радиальных подшипников учтена роль параметров конструкции поверхности в виде, адаптированной к условиям трения опорной поверхности и антифрикционного полимерного покрытия с осевой канавкой.

Полученные результаты позволяют оптимизировать ширину и глубину осевой канавки опорной поверхности подшипниковой втулки с фторопластсодержащим композиционным полимерным покрытием и создать теоретическую базу для прикладных проектных и предпроектных расчетов.

В практическом плане подобные расчеты подшипников с фторопластсодержащим композиционным полимерным покрытием с осевой канавкой, работающих в режиме граничного и гидродинамического смазывания на жидких смазочных материалах, обладающих при ламинарном или турбулентном характере течения ньютоновскими и неньютоновскими реологическими свойствами, позволяют определить величину несущей способности и силу трения со стандартным и специальным, адаптированным к условиям трения опорным профилем, с учетом зависимости вязкости от давления и одновременно от давления и температуры.

Дополнительным подтверждением эффективности разработанных расчетных моделей и практической значимости полученных рекомендаций являются удовлетворительные результаты промышленных испытаний в узле пружинно-вальценонавивочного станка на Ростовском-на-Дону электровозоремонтном заводе – филиале АО «Желдорремаш» в г. Ростове-на-Дону.

4. Обоснованность и достоверность полученных результатов и выводов подтверждена корректной постановкой задач исследования, квалифицированным применением для их решения классических положений гидродинамической теории смазывания, использованием для численных расчетов современных компьютерных программ, экспериментальной верификацией теоретических положений и удовлетворительной оценкой результатов промышленных испытаний.

Экспериментальные исследования выполнялись в соответствии с полнофакторными двухуровневыми планами при трех параллельных опытах и статистической обработке результатов. При этом использовалось современное поверенное стандартное и специально разработанное испытательное оборудование. Полученные регрессионные модели адекватны.

5. Полнота изложения материалов диссертации в открытой печати

Основные научные результаты диссертационной работы опубликованы в 30 статьях. В том числе 12 статей – в изданиях, рекомендованных ВАК, 2 статьи в изданиях, включенных в международную реферативную базу данных Scopus.

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на 9 международных научно-практических и научных конференциях. Опубликованные и доложенные на конференциях материалы достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

Содержание диссертации достаточно полно изложено в автореферате и в опубликованных работах, личный вклад автора подтвержден. Имеются ссылки на авторов и источники заимствования.

6. Соответствие диссертации паспорту специальности

Диссертация выполнялась в соответствии с научной специальностью 2.5.3 «Трение и износ в машинах» в следующих областях исследований:

- пункт 4 «Смазочное действие: «гидро- и газодинамическая смазка...»;
- пункт 7 «Триботехнические свойства материалов, покрытий...»;
- пункт 8 «Триботехнические свойства смазочных материалов»;
- пункт 10 «Физическое и математическое моделирование...».

Следовательно, данная работа полностью соответствует паспорту заявленной специальности.

7. Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы

Разработанные расчетные модели могут быть использованы для инженерных проектировочных расчетов гидродинамических подшипников скольжения с контактными поверхностями с фторопластсодержащим композиционным полимерным покрытием с осевой канавкой с применением адаптированной к условиям трения опорной поверхности при смазывании вязкими или микрополярными смазочными материалами, устойчиво

работающих при высоких нагрузках и низких скоростях ($\sigma \approx 150$ МПа и $V \leq 0,25$ м/с) в режиме граничного трения при самосмазывании фторопластом, а при снижении нагрузки и повышении скорости ($\sigma \approx 14$ МПа и $V \geq 1$ м/с) переходят в режим гидродинамического жидкостного трения.

Подшипники с фторопластсодержащими антифрикционными полимерными покрытиями могут применяться для сохранения стабильного режима гидродинамического смазывания трибосистем, необходимого при перебоях в подаче штатного смазочного материала, в механизмах, сбой в работе которых недопустимы в пределах производственного или рабочего цикла, а также при пусках и выбегах.

Кроме того, материалы диссертации могут быть использованы в учебном процессе в курсах преподаваемых дисциплин «Основы конструирования» и «Трибология».

8. Замечания по диссертационной работе

1. В диссертации приведены расчетные модели радиальных подшипников с фторопластсодержащим 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 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.

9. Заключение

Диссертация Киришиевой Виктории Игоревны «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.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертационной работы и позволяет сделать заключение о научном уровне работы. Диссертационная работа соответствует критериям п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Кирищичева Виктория Игоревна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах.

Настоящий отзыв обсужден и одобрен на заседании научно-технического совета отдела «Трение, износ и смазка. Трибология» ИМАШ РАН от 9 ноября 2023 г., протокол № 5.

Зав. отделом «Трение износ и смазка.
Трибология» Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Институт
машиноведения им. А. А. Благонравова
Российской академии наук
доктор технических наук, профессор

Али Юсупович Албагачиев

Подпись заведующего отделом
Али Юсупович Албагачиев