



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора
Бурлаковой Виктории Эдуардовны
на диссертационную работу **Нихотиной Надежды Владимировны**
*«Применение антифрикционных композиционных фторопластсодержащих
покрытий при возвратно-поступательном движении»*,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах

1. Актуальность темы исследований

В современных машинах широко используются металлополимерные трибосистемы. Особенно эффективна эксплуатация композиционных фторопластсодержащих самосмазывающихся покрытий в тяжело нагруженных узлах трения. Однако применение этих перспективных материалов при возвратно-поступательном движении затруднено, так как полностью отсутствуют данные об их триботехнических характеристиках в условиях переменной скорости, коэффициенте взаимного перекрытия меньше единицы и перпендикулярному скорости направления шероховатости поверхности – следу механической обработки. Расширению области применения рассматриваемых металлополимерных трибосистем путем решения этих задач и посвящена рассматриваемая работа, что делает ее актуальной для науки и инженерной практики.

2. Общая характеристика работы

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, библиографического списка из 178 наименований и приложения. Общий объем работы составляет 132 страниц текста, включает 40 рисунков и 27 таблиц.

Во введении автором работы обоснована актуальность темы исследований, поставлена их цель и задачи; отмечена научная ценность и практическая значимость работы.

В первой главе выполнен аналитический обзор литературы по области применения и структуре антифрикционных фторопласт-содержащих покрытий. а также по влиянию коэффициента взаимного перекрытия на эксплуатационные параметры трибосистем, что позволило автору определить проблематику и сформулировать общую цель исследований диссертационной работы.

Вторая глава посвящена теоретическому решению задачи об условиях контактирования, включающих определению величины контактного угла и нормальных давлений в трибосистеме на основе вязкоупругой деформации покрытий, а также расчета температуры путем применения классических уравнений Фурье и Ньютона.

Третья глава содержит методику экспериментальных блоков исследований, конструкцию экспериментального стенда, материал контртел и тип образцов. Все эксперименты проводились в соответствии с полнофакторными двух- и трехуровневыми многофакторными планами с последующим получением регрессионных моделей.

В четвертой главе приводятся результаты экспериментальных исследований.

На первом этапе автором исследовалась конструкция трибосистемы, включающая материал металлических контртел, шероховатость его контактной поверхности и основной компонент полимерного антифрикционного покрытия - фторопласт-содержащую ткань.

Показано, что наибольшее влияние на работу рассматриваемых трибосистем оказывает шероховатость поверхности контртел, т.к. движение происходит перпендикулярно ее направлению. В работе получены регрессионные модели, их наибольшая погрешность не превышает 6,2 %. Анализ полученных автором результатов показывает, что шероховатость контртел должна быть не ниже $Ra = 0,2\text{мкм}$.

Основным конструктивным элементом исследуемых трибосистем являются композиционные покрытиями, выполненные на основе четырех разных тканых каркасов. Показано, что более универсальным является толстый атлас, который технологичен и экономичен, а саржа 1/3 предназначена для высоких нагрузок порядка 150 МПа и более. Тонкий атлас и саржа 1/1 также могут применяться, но только при обработке рабочей поверхности контртела до 11 – 12 квалитет шероховатости.

Учитывая, что одним из наиболее ответственных этапов работы трибосистемы, влияющим на эффективность ее эксплуатации, является приработочный период, в работе получены регрессионные модели приработки. Полученные модели адекватны и обеспечивают интерполяционные расчеты в пределах погрешности 2,6 % – 4,9%.

Автором исследовано изменение температуры, учитывая ее значительное влияние на все характеристики полимерных материалов, в диапазоне применяемых нагрузочно-скоростных режимов. Обработка экспериментальных данных позволила получить адекватную модель, обеспечивающую среднюю погрешность в 4,1%.

Показано, что температура, как результат воздействия на антифрикционное полимерное покрытие трибосистемы нагрузочно-скоростных режимов, оказывает наиболее значимое влияние на физико-механические свойства полимера, а, следовательно, и на условия контактирования и износ. В работе установлена непосредственная зависимость приработочных параметров от температуры. Полученные автором результаты позволяют в определенной степени управлять путем принудительного нагрева трибосистемы приработкой.

Автором экспериментально установлена интенсивность изнашивания для полного и стационарного периодов трения, при этом полученная адекватная модель для стационарного периода обеспечивает погрешность не более 3,7%,

В работе обнаружено, что при нагрузке 22 МПа интенсивность изнашивания увеличивается при уменьшении скорости, что объясняется автором уплотнением композита под нагрузкой или увеличенным выносом фторопласта при пике малой скорости. Показано, что основным фактором, приводящим к указанному эффекту, является значительное сокращение длины хода за цикл. Указанный эффект может иметь место только при определенном сочетании нагрузочно-скоростных режимов и коэффициента взаимного перекрытия в условиях возвратно-поступательного движения.

В работе приведена регрессионная модель ресурса (суммарного показателя уровня применимости трибосистемы) для стационарного периода трения в циклах нагружения.

Анализ экспериментальных данных позволил автору установить, что наибольшее влияние на ресурс фторопластсодержащих покрытий оказывает коэффициент взаимного перекрытия ($K_{ВЗ}$). При меньшем значении $K_{ВЗ}$ и наибольшей нагрузке, а также при наибольшем значении $K_{ВЗ}$ и наименьшей нагрузке, исследованный диапазон скоростей практически не влияет на ресурс покрытия.

В пятой главе приводятся данные по экспериментальной верификации теоретических разработок и результатам промышленных испытаний.

Сравнительный анализ величин коэффициента трения, необходимого для вычисления температуры в контактной зоне и самой температуры в исследованном диапазоне нагрузочно-скоростных режимов, показывает, что использованная методика температурного расчета обеспечивает удовлетворительную сходимость расчетных результатов с экспериментальными данными. Средняя погрешность сравниваемых величин составляет 4,66 %, а ее диапазон – 0,3-7,8 %.

Анализ реального влияния шероховатости на ресурс исследуемых трибосистем при разном типе движения позволил установить, что шероховатость поверхности металлического контртела при изменении с 8 по 11 квалитет обеспечивает при возвратно-поступательном движении ресурс на 25,6 % меньший, чем при вращательном.

В работе показано, что промышленные испытания разработанной трибосистемы с фторопластсодержащим композиционным антифрикционным покрытием проводились на Лопастном заводе Ростовского-на-Дону ПАО «Роствертол». Объектом испытаний являлся станок для намотки лонжеронов лопастей несущего винта вертолетов лентами из стеклоткани.

При проведении регламентных работ, включающих контроль поверхностей трения, не наблюдалось следов нарушения рабочей поверхности покрытия и его отслаивания. Ресурс трибосистем перемещения каретки после нанесения покрытия увеличился на 13,2 %

3. Научная новизна и достоверность результатов работы

Научная новизна работы заключается в том, что автором установлены основные закономерности процесса трения металлополимерных трибосистем с фторопластсодержащим композиционным покрытием на основе тканого каркаса, а также – связь их триботехнических характеристик (ресурс, несущая способность) с эксплуатационными режимами в условиях возвратно-поступательного движения. К наиболее значимым из полученных результатов работы можно отнести следующие:

Определены рациональные конструктивные параметры исследуемых пар трения, включающие характеристики контртел (шероховатость поверхности, теплофизические свойства), а также тканый каркас полимерных покрытий (тип плетения) для эксплуатации при коэффициенте взаимного перекрытия меньше единицы;

Определены области рациональных нагрузочно-скоростных режимов эксплуатации металлополимерных фторопластсодержащих трибосистем с композиционным покрытием как в приработочном, так и в стационарном режиме трения при коэффициенте взаимного перекрытия в диапазоне 0,167 – 0,476;

Установлена область существования эксплуатационных режимов, вызывающих эффект обратной зависимости интенсивности изнашивания от скорости.

Полученные в диссертации результаты являются новыми и достоверными, представляют несомненный научный интерес. Достоверность и обоснованность полученных выводов обеспечивается корректным установлением и достижением общей цели исследований, удовлетворительными результатами промышленных испытаний.

4. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Степень обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, которые содержатся в диссертации, подтверждается внутренней непротиворечивостью результатов и логической целостностью работы, широкого представительства анализируемых научных публикаций и не вызывающих сомнения результатов исследований отечественных и зарубежных авторов. Всего по теме диссертации было проанализировано 178 источников.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 11 работах, в том числе 5 в изданиях из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (2 публикации в изданиях, рекомендованных ВАК, 3 в изданиях, включенных в базу данных Web of Science и Scopus) и 2 патентах РФ на полезную модель. Результаты исследований прошли достаточную апробацию и были доложены на Международных и Всероссийских научно-технических конференциях.

Соискателем поведена верификация полученных теоретических результатов на ПАО «Роствертол».

Таким образом, можно сделать вывод, что научные положения, выводы и рекомендации, которые содержатся в диссертации Нихотиной Н.В., являются в достаточной степени обоснованными и достоверными.

5. Значимость полученных результатов, выводов и рекомендаций для науки и промышленности

Значимость диссертационной работы для науки заключается в том, что получено

- выражение, определяющее зависимость величины контактного угла (дуги) от монтажного зазора трибосопряжения и вязкоупругой деформации покрытия, получено на основе исследований вязкоупругой деформации и геометрических соотношений при нагружении трибосистем;
- результаты решения задачи о напряженно-деформированном состоянии вязкоупругого полимерного покрытия в виде конечного выражения для расчета величины и распределения контактных давлений в трибосопряжении при заданной нагрузке трибосистемы;
- аналитическая модель для оценки температурного порога применимости рассматриваемого композиционного покрытия, полученную с учетом коэффициента взаимного перекрытия, особенностями кинематики и контактирования металлополимерной трибосистемы с полимерным покрытием, а также теплофизических свойств применяемых материалов.

Практическая ценность работы состоит в том, что

- установлено влияние теплофизических (теплоемкость, теплопроводность) и поверхностных (шероховатость) свойств металлических контртел в комплексе с композиционными свойствами полимерных покрытий, обеспечившим рациональную конструкцию металлополимерной трибосистемы для работы в условиях возвратно-поступательного движения;
- учтены особенностей приработки полимерных фторопластсодержащих покрытий, оптимизирующих условия этого нестационарного процесса, позволяющих в определенных пределах, управлять им, сокращая приработочный износ в эксплуатационных условиях или время технологической приработки при изготовлении;
- получен комплекс экспериментальных регрессионных моделей, позволяющих выполнять проектные и оценочные расчеты (температуры, ресурса и др. параметров) в металлополимерных трибосистемах, работающих при возвратно-поступательном движении в условиях коэффициента взаимного перекрытия меньше единицы.

6. Соответствие паспорту научной специальности

Содержание диссертации полностью соответствует паспорту специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах в пунктах

- 2 «Механика и физика контактного воздействия при трении покоя, трения скольжения, трения качения и качения с проскальзыванием с учетом строения, качества и свойств поверхностных слоев»;
- 7 «Триботехнические свойства материалов, покрытий...»;
- 9 «Теплофизика и тепловая динамика трения и изнашивания»;
- 16 «Материалы трибологического назначения. Исследования и разработка».

7. Замечания по диссертационной работе

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.

Однако, имеющиеся замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы.

8. Заключение

Диссертационная работа Нихотиной Надежды Владимировны является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи расширения области применения высокоэффективных полимерных композиционных антифрикционных покрытий.

Полученные в диссертации выражения для основных рабочих параметров металлополимерных трибосистем могут служить базой их проектирования для работы в условиях коэффициента взаимного перекрытия меньше единицы. Результаты исследований являются достоверными. Сделанные на их основе выводы теоретически обоснованы, что определяет высокий научный уровень выполненной работы.

Опубликованные работы в достаточной степени отражают содержание и основные результаты, полученные автором диссертации.

Автореферат соответствует содержанию диссертации, содержит краткое описание глав, что позволяет в достаточной степени получить представление о поставленных задачах, методах их решения, полученных результатах и выводах. Диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.5.3 - «Трение и износ в машинах».

Таким образом, диссертация «*Применение антифрикционных композиционных фторопластсодержащих покрытий при возвратно-поступательном движении*» соответствует критериям, установленным "Положением о присуждении ученых степеней", утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года (в редакции Постановлений Правительства РФ № от 21.04.2016 № 335, от 01.10.2018 № 1168), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Нихотина Надежда Владимировна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.3. – «Трение и износ в машинах».

Официальный оппонент:

Бурлакова Виктория Эдуардовна, профессор, заведующая кафедрой «Химия» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет»,

доктор технических наук по специальностям 05.02.04 «Трение и износ в машинах» и 02.00.04 «Физическая химия».



Виктория Эдуардовна Бурлакова

«28» ноября 2023 г.

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

344000, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1.

Тел. 8 (863)273-85-37.

Эл. адрес: yburlakova@donstu.ru

Подпись Бурлаковой Виктории Эдуардовны удостоверяю:

Ученый секретарь

Ученого совета ДГТУ



Владимир Николаевич Анисимов