

ОТЗЫВ

**официального оппонента доктора технических наук, профессора
Елагиной Оксаны Юрьевны
на диссертационную работу Нихотиной Надежды Владимировны
«Применение антифрикционных композиционных
фторопластсодержащих покрытий при возвратно-поступательном движении»,
представленную на соискание учёной степени
кандидата технических наук по специальности
2.5.3. Трение и износ в машинах**

1. Актуальность темы исследований

Актуальность темы исследования определена необходимостью повышения работоспособности узлов трения, работающих в условиях возвратно-поступательного движения при использовании полимерных фторопластсодержащих покрытий. В современной технике применяются значительное число узлов трения, совершающих возвратно-поступательное движение. Специфика возвратно-поступательного движения требует дополнительного исследования в связи следующими особенностями: увеличение расхода фторопласта; изменение распределения генерируемого тепла между деталями трибосистемы; направление вектора скорости перпендикулярно следу механической обработки. Особенностью данного исследования является изучение трибологических характеристик трибосистем с коэффициентом взаимного перекрытия меньше единицы и реализацией процесса трения в среде фторопластсодержащих самосмазывающихся композитов, выполненных на основе тканых каркасов. Подобные материалы обеспечивают высокую несущую способность и низкие потери на трение, однако при возвратно-поступательном перемещении отличаются интенсивной передеформацией фторопластовой составляющей из-за увеличения удельной нагрузки и аккумуляцией тепловой энергии в зоне трения по причине низкой теплоотводящей способности. Изложенное доказывает, что механический перенос закономерностей эксплуатации антифрикционных покрытий в трибоузлах, совершающих вращательное движение, на узлы с возвратно-поступательным движением нерезультативен и требует дополнительных исследований.

Таким образом, диссертационная работа, посвященная применению высокоэффективных полимерных фторопластсодержащих покрытий в условиях возвратно-поступательного движения, является актуальной и перспективной.

2. Научная новизна исследований, выводов, рекомендаций, сформулированных в диссертации

1. Впервые 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.

2. Впервые 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.

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

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

3. Связь диссертационной работы с НИР и НИОКР.

Результаты работы реализованы:

- в виде опытно-промышленных испытаний двух опор с фторопластсодержащим композиционным антифрикционным покрытием на станке для намотки лонжеронов лопастей несущего винта вертолетов на Лопастном заводе Ростовского-на-Дону ПАО «Роствертол»;

- в виде методики для выполнения предпроектных и проектных инженерных расчетов температуры металлополимерной трибосистемы, формируемой в результате возвратно-поступательного движения.

4. Обоснованность научных положений и достоверность результатов исследований подтверждается:

Достоверность и обоснованность основных положений и выводов рассматриваемой диссертации в части теоретических расчетов подтверждается использованием таких классических зависимостей как моделирование напряженно-деформированного состояния композиционного покрытия, законов теплопроводности Фурье, теплоотдачи Ньютона, включая выражение А.В. Чичинадзе для коэффициента взаимного перекрытия при температурных исследованиях. В части экспериментальных исследований в работе достигнута сходимость теоретических и экспериментальных результатов в пределах 0,72-6,3%, подтвержденная удовлетворительными результатами опытно-промышленных испытаний.

5. Личный вклад соискателя в получении результатов исследования

Диссертация представляет самостоятельный научный труд автора, что подтверждается обсуждением ее отдельных результатов и работы в целом на профильных специализированных конференциях.

Личное участие автора в исследовании определяется следующим: самостоятельно спроектирован рабочий стенд для экспериментальных исследований, изготовлены образцы и обработана поверхность контртел. Основные теоретические и экспериментальные исследования выполнены автором самостоятельно. В работах с соавторством личный вклад автора состоит в проведении теоретических, обработке экспериментальных исследований и

рафической интерпретации полученных результатах. Автор участвовал в подготовке к промышленным испытаниям.

6. Значимость результатов исследования для науки и практики

Полученные автором новые научные результаты расширяют знания об особенностях приработки полимерных фторопластсодержащих покрытий, условиях оптимизации и управления этим процессом. Выполненные экспериментальные исследования по влиянию теплофизических и поверхностных свойств пар трения металл-композиционный полимерный материал позволили установить рациональную конструкцию основы композиционного материала для работы в условиях возвратно-поступательного движения.

В результате исследований разработан комплекс экспериментальных регрессионных моделей, обеспечивающих выполнение проектных и оценочных расчетов температуры, ресурса и др. параметров металлополимерных трибосистем,

Результаты работы апробированы при опытно-промышленных испытаниях на станке для намотки лонжеронов лопастей несущего винта вертолетов на Лопастном заводе Ростовского-на-Дону ПАО «Роствертол», что подтверждено соответствующим актом, представленным в Приложении к диссертационной работе.

7. Подтверждения опубликованных основных результатов диссертации в научной печати

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 11 работах, в том числе 2 публикации - в изданиях, рекомендованных ВАК, 3 работы - в изданиях, включенных в базу данных Web of Science и Scopus. На результаты работы получено 2 патента на полезную модель РФ. Кроме этого, основные результаты исследований прошли апробацию на международных и всероссийских научно-практических конференциях. Имеются ссылки на авторов и источники заимствования

8. Структура, направленность диссертации

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

В первой главе дается обзор современного состояния исследований по теме диссертации, анализ работ российских и зарубежных ученых в области разработки и изучения поведения антифрикционных полимерных композитов на основе ПТФЭ, а также узлов трения, характеризующихся разным коэффициентом взаимного перекрытия. На основе выполненного анализа сформулирована цель и задачи данной диссертационной работы.

Вторая глава посвящена моделированию условий контактирования пар трения на примере цилиндрического тела, совершающего возвратно-поступательное движение в контакте с втулкой, имеющей антифрикционное полимерное покрытие. В разделе 2.1 работы предложена расчетная модель, оценивающая величину деформации полимерного покрытия по известному углу контакта контртело-покрытие, а также величине зазора.

Далее в данной главе рассмотрено напряженно-деформированное состояние материала полимерного покрытия с учетом ряда допущений. В результате математических преобразований получено выражение для расчета эпюр контактных давлений штока на полимерное покрытие, оценка которого выполнена на примере расчета пары «шток-втулка» с антифрикционным покрытием на основе ткани неправильный атлас.

В третьем разделе данной главы рассмотрено моделирование температурного режима работы полимерных покрытий с адаптацией полученных выражений для проектных инженерных расчетов по наихудшему случаю. На основе выполненных преобразований получено выражение для оценки величины температуры в металлополимерной трибосистеме в аналитической форме. С его помощью было выполнено сравнение трибосистем с разными материалами контртел и результатами экспериментальных исследований, показавшими сходимость на уровне 5.4 %.

Третья глава содержит методику исследований, состоящую из двух блоков теоретического и экспериментального. В теоретическом блоке анализируется температурная зависимость полимерного покрытия в зоне трения. В экспериментальном блоке выполнены исследования для определения рациональных параметров покрытия, материала контртел и шероховатости их поверхности. Для проведения экспериментальных исследований разработана стендовая установка в виде привода кривошипно-шатунного механизма. Исследования выполнены на 4 видах композиционных материалов с разными типами каркаса и 3 марками металлических материалов контртел.

Четвертая глава посвящена экспериментальным исследованиям, включающим изучение этапа приработки и последующей эксплуатации металлополимерных трибосистем. Выполненные экспериментальные исследования и полученные регрессионные модели позволили определить рациональные режимы приработки пар трения. Экспериментальные исследования работы пар трения в стационарном режиме позволили обосновать выбор материалов армирующего каркаса композиционных антифрикционных покрытий, работающих в условиях возвратно-поступательного движения. Также получены регрессионные модели для прогнозирования интенсивности изнашивания, ресурса и коэффициента трения в зависимости от нагрузочно-скоростных режимов и коэффициента взаимного перекрытия металлополимерных фторопластсодержащих трибосистем при работе в узлах трения с возвратно-поступательным рабочим движением

9. Соответствие паспорту специальности

Содержание диссертации полностью соответствует паспорту специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах в части следующих областей исследования:

- п.2 Механика контактного взаимодействия при трении скольжения, трении качения и качения с проскальзыванием с учетом качества поверхностного слоя.
- п.3 Закономерности различных видов изнашивания и поверхностного разрушения.

- п.7 Триботехнические свойства материалов, покрытий и модифицированных поверхностных слоев.

10. Замечания по работе

1. В разделе 2.1 при использовании модели вязкоупругой деформации покрытия, возникающей при перемещении шток 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».

11. Заключение

Диссертация Нихотиной Надежды Владимировны «Применение антифрикционных композиционных фторопластсодержащих покрытий при возвратно-поступательном движении» является самостоятельной, завершенной научно-квалификационной работой, в которой исследованы металлополимерные трибосистемы, включающие самосмазывающиеся антифрикционные полимерные материалы и работающие в условиях возвратно-поступательного движения при коэффициенте взаимного перекрытия меньше единицы. Также в работе установлены требования для выбора материалов армирующего каркаса композиционных антифрикционных покрытий, работающих в условиях возвратно-поступательного движения, и режимов приработки пар трения. На основе выполненных исследований решается новая научная проблема в области исследования процессов функционального взаимодействия и изнашивания, использование которых носит значительный вклад ускоренных научно-технического прогресса и развития высокотехнологических отраслей машиностроительного комплекса России.

Анализ содержания диссертации и публикаций по теме позволяет сделать вывод, что диссертационная работа по актуальности избранной темы, характеру рассматриваемых вопросов, поставленных и достигнутых целей и задач, степени и

овизне, значению для теории и практики соответствует требованиям пп. 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Считаю, что автор, Нихотина Надежда Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах.

Официальный оппонент:

Елагина Оксана Юрьевна, доктор технических наук по специальностям: 05.03.06 – Технологии и машины сварочного производства и 05.02.01 – Материаловедение (машиностроение), профессор, заведующий кафедрой «Трибология и технологии ремонта нефтегазового оборудования» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина».



Елагина Оксана Юрьевна

«15» 11 2023 г.

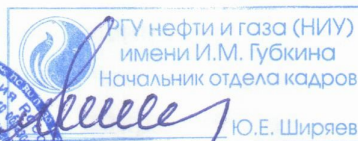
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»

119991, г. Москва, пр. Ленинский, д 65, корпус 1:

Тел. +7(910)408-47-84,

E-mail: elaguina.o@gubkin.ru

Подпись д.т.н., проф. Елагиной О.Ю. заверено



Ю.Е. Ширяев