

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Мантурова Дмитрия Сергеевича
на тему: **«Повышение износостойкости металлических и
металлополимерных трибосистем путем формирования структуры и
свойств их поверхностного слоя»**
по специальности 05.02.04 – «Трение и износ в машинах»
на соискание ученой степени кандидата технических наук

1. Актуальность избранной темы

В современном 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, содержащих наполнители, армирующие элементы, обеспечивающие износостойкость, улучшающие их физико-механические свойства.

Перспективными для повышения износостойкости трибосопряжений является нанесение на их металлические поверхности износостойких покрытий, получаемых методом вакуумного, вакуумно-плазменного, ионно-вакуумного, вакуумного ионно-плазменного напыления. Для уменьшения коэффициента трения в трибосопряжениях с такими покрытиями используют модифицированные присадками жидкие или пластичные смазочные материалы.

Особенно актуальным является использование трибосопряжений, в которых из композиционных полимерных материалов и смазочных материалов в зоне контакта генерируют вторичные структуры, существенно улучшающих их антифрикционные и противоизносные свойства.

Диссертационная работа Мантурова Д.С. является актуальной, так как посвящена эффективности применения в трибосопряжениях

композиционных полимерных материалов и износостойких покрытий, полученных методом вакуумного ионно - плазменного напыления совместно со смазочными материалами, генерирующих в процессе работы трибоспряжений вторичные структуры с высокими антифрикционными и противозносными свойствами.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций Мантуровым Д.С. достигается использованием базовых положений теории трения и износа. Проведением им лабораторных, стендовых триботехнических испытаний, предложенных диссертантом композиционных антифрикционных материалов, вакуумных ионно-плазменных покрытий и смазочных материалов, исследованием вторичных структур в трибосопряжениях методами электронной микроскопии, наноиндентирования, ИК-спектроскопии, на ИК-фурье-спектрометре Series Nicolet 380 и рентгеновской фотоэлектронной и оже-электронной спектроскопии на приборе SPECS.

Опорное устройство кузова железнодорожного вагона на тележку, включающее узел «пятник-подпятник» и разнесенные по сторонам вагона боковые опоры (скользуны), являются важнейшим элементами тележки, оказывающими значительное влияние на динамические показатели грузового вагона и его воздействие на железнодорожный путь. При движении вагона гашение возникающих колебаний достигается за счет сил трения в узлах «пятник-подпятник».

Для улучшения эксплуатационных свойств пятникового узла Мантуровым Д.С. предложено применение антифрикционного композиционного материала на основе фенилона С-2 с наполнителями ариимидом-Т, шпинелью, фторопластом -4МБ. В диссертации приведены триботехнические характеристики данного композиционного материала, а

также исследования состава вторичных пленок на стальном диске после фрикционного переноса.

Для оценки трибологических характеристик композитов были проведены испытания на машине трения ИИ 5018 по схеме «ролик-палец», торцевой машине трения по схеме «плоский диск-палец». Испытания выбранных полимерных композитов проводили также на стенде, имитирующем условия нагруженного вагона при прохождении кривых участков пути.

В соединениях валов хвостовой трансмиссии вертолета МИ-26М применяются зубчатые муфты, заполненные маслом для гипоидных передач. Основной причиной выхода из строя таких шлицевых соединений является износ рабочих поверхностей зубьев. Диссертантом предложена технология нанесения на зубья муфты и наконечника вакуумного ионно-плазменного покрытия системы CrAlSiN.

Триботехнические испытания ионно-плазменного покрытия проводили на машине трения TRB компании Anton Paar TriTec. Схема испытаний «сферическая поверхность-пластина» при возвратно-поступательном движении. Для определения триботехнических характеристик проводились стендовые испытания вакуумных ионно-плазменных покрытий, имитирующих работу трансмиссионного шлицевого соединения.

Для повышения долговечности и износостойкости вакуумного ионно-плазменного покрытия системы CrAlSiN предложено использовать авиационное масло «Турбоникойл 98» с добавками осерненного касторового масла, содержащего 10% серы, также авиационное гипоидное масло ТСгип, содержащее полиэтилсилоксановую жидкость ПЭС-3.

3. Достоверность и новизна научных положений, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием известных положений фундаментальных наук, сходимостью результатов теоретических исследований с лабораторными испытаниями, использованием современных физико-химических методов. Достоверность полученных результатов также подтверждается производственными испытаниями полимерного композиционного антифрикционного материала в тяжелонагруженном узле трения подвижного состава – «пятник – подпятник» на Северо-Кавказской железной дороге, разработкой технологии формирования вакуумных ионно-плазменных износостойких покрытий, совместимых с составами смазочных материалов, работающих в шлицевом соединении хвостовой трансмиссии вертолета МИ-26М.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

- на антифрикционные, противоизносные свойства полимерных композиционных материалов на основе фенилона С-2 оказывают влияние полимерная матрица, вводимые наполнители, а также армирующие элементы;

- в комплексе компоненты полимерного композиционного материала генерируют вторичные структуры на контактирующих поверхностях трибосопряжения, повышая его износостойкость и долговечность;

- износостойкость и долговечность трибосопряжений «металл-металл» при нанесении на их поверхности вакуумных ионно-плазменных покрытий системы CrAlSiN может быть повышена при минимизации их толщины до 1,0...1,5 мкм, а также путем совместимости данных покрытий с смазочными материалами, содержащими серосодержащие добавки.

Основные выводы диссертационной работы опубликованы в 6 рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК, 7 изданиях, включенных в базы данных Scopus и Web of Science, 2 патентах РФ.

4. Значимость для науки и практики полученных автором результатов

Значимость диссертационной работы Мантурова Д.С. для науки заключается в следующем:

– рациональный выбор наполнителей – аримида-Т, шпинели, фторопласта к матрице фенилона С-2, позволил улучшить триботехнические характеристики металлополимерного трибосопряжения путем формирования в зоне контакта вторичных структур;

– снижение износа контактирующих поверхностей металл-металл достигнуто путем формирования гетерофазной наноструктуры покрытия – системы CrAlSiN – и оптимизации его толщины до 1,0...1,5 мкм;

– разработаны рекомендации для выбора материалов и режимов нанесения вакуумных ионно-плазменных покрытий, а также установлены принципы совместимости физико-химических свойств трансмиссионных масел с добавками и составом наносимых ионно-плазменных покрытий.

Практическая значимость диссертационной работы Мантурова Д.С. заключается в следующем:

– на основании выполненных исследований предложен полимерный композиционный материал на основе фенилона С-2 с добавками наполнителей аримида-Т, шпинели, фторопласта материала для использования в тяжело нагруженных узлах трения подвижного состава – «пятник – подпятник» на Северо-Кавказской железной дороге, что подтверждено актом технических испытаний от 15.07.2020 г. и актом использования в вагонном ремонтном депо АО «ВРК2-1 г. Батайска от 04.08.2020 г.

– разработана технология нанесения вакуумных ионно-плазменных покрытий при использовании совместно с трансмиссионным маслом с добавками серосодержащих соединений, обеспечивающих повышение износостойкости и долговечности шлицевого соединения хвостовой трансмиссии вертолета МИ-26М, что подтверждено актом стендовых испытаний от 09.07. 2020 г.

– разработаны методики лабораторных и стендовых испытаний композиционных материалов, ионно-плазменных покрытий с смазочными материалами;

– разработаны методики исследования вторичных структур, образующихся в трибосопряжениях.

5. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты и выводы диссертационной работы Мантурова Д.С. могут применяться при разработке полимерных антифрикционных материалов для узлов трения в железнодорожном транспорте, авиационной промышленности, автомобилестроении, могут быть использованы при разработке технологий получения подшипников скольжения из полимерных композиционных материалов в сельскохозяйственном машиностроении в виде прямых и обратных пар. Перспективно использование таких композиционных материалов в линейных подшипниках скольжения, линейного перемещения в актуаторах (приводах) и других машинах и механизмах.

Вакуумные ионно-плазменные покрытия могут найти применение в подшипниках скольжения при использовании их совместно со смазочными материалами, а также при нанесении их на режущие кромки лезвийного инструмента и других областях.

6. Замечания по диссертационной работе

1. В качестве матрицы полимерного композиционного материала выбран фенилон С-2, который создает в зоне контакта вторичные структуры в виде пленки переноса. Следовало бы провести сравнительные испытания других полимерных материалов, способных создавать пленки переноса, которые можно использовать в качестве матрицы при разработке новых полимерных композиционных материалов.

2. При разработке полимерного композиционного антифрикционного материала использовано для армирования волокно арамид-Т. Однако не указано критическая длина волокна, его диаметр, совместимость с матрицей

матрицей полимерного материала, его ориентация и влияние на физико-механические свойства композиционного материала. Следовало бы также исследованиями показать роль шпинели в композиционном материале.

3. В заключении диссертации в выводе 5 отмечается, что «при граничном трении покрытия системы CrAlSiN минимизация коэффициентов трения достигается путем применения серосодержащих присадок для модифицирования смазочных материалов». В авиационное масло «Турбоникойл 98» автор предлагает добавлять осерненное касторовое масло с различным содержанием серы. Однако растительное касторовое масло, обладая высокими температурами застывания, при его введении будет снижать низкотемпературные пределы авиационного масла «Турбоникойл 98», что может ограничивать применение его в летательных аппаратах на больших высотах.

4. В диссертационной работе применяются термины, не соответствующие современным требованиям ГОСТ 27674-88 «Трение, изнашивание и смазка».. Так на стр.100 использован термин «сухое трение» - нужно использовать «трение без смазочного материала»; на стр. 117 используется термин «смазка» нужно использовать «смазочный материал» и др.

7. Заключение

Отмеченные выше замечания не снижают ценности диссертации. Результаты проведенных исследований представляют комплекс новых научно-технических разработок по совершенствованию узлов трения на железнодорожном транспорте и авиационной промышленности. Апробация работы осуществлена на конференциях различного уровня. Содержание диссертации достаточно полно отражено в автореферате и в опубликованных работах. Основные результаты диссертации Мантурова Д.С. опубликованы в 6 рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК, 7 изданиях, включенных в базы данных Scopus и Web of Science , 2 патентах РФ. Диссертация выполнена в соответствии с Паспортом специальности 05.02.04 – «Трение и износ в машинах»

Диссертация Мантурова Дмитрия Сергеевича «Повышение износостойкости металлических и металлополимерных трибосистем путем формирования структуры и свойств их поверхностного слоя» выполнена самостоятельно на высоком научном уровне. Работа соответствует установленным требованиям к оформлению и структуре диссертации. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертация представляет собой законченную научную квалификационную работу, в которой изложены новые научно-обоснованные технические, технологические решения и разработки в сфере повышения износостойкости, долговечности металлополимерных и металлических трибосистем путем формирования вторичных структур поверхностных слоев в трибосопряжениях, имеющих существенное значение для развития железнодорожного, авиационного транспорта, машиностроительных отраслей страны. Диссертация соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней» (п. 9-11,14), предъявляемым к кандидатским диссертациям», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.04 - «Трение и износ в машинах».

Профессор кафедры «Автомобили и транспортно-технологические комплексы» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова

доктор технических наук, профессор  Шульга Геннадий Иванович

Адрес: 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

Подпись Г.И.Шульги заверяю

Ученый секретарь Совета вуза

25.11.2020 г.



Н.Н. Холодкова