

ОТЗЫВ

Официального оппонента, кандидата технических наук Шилова Михаила Александровича на диссертационную работу Ващишиной Анны Павловны на тему «Повышение износостойкости гребня бандажа колеса локомотива улучшением антифрикционных свойств пластичного смазочного материала», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.3 - «Трение и износ в машинах»

1. Актуальность работы.

В текущем исследовании рассматривается важная и своевременная проблема, связанная с износом гребня колеса локомотива в условиях взаимодействия с рельсом. Эффективность смазочных материалов и присадок в значительной степени влияет на эксплуатационные характеристики железнодорожного транспорта. Автор поднимает актуальный вопрос оптимизации смазочных составов для минимизации износа и повышения надежности работы железнодорожного подвижного состава.

Состояние исследования весьма значимо, так как недостаточное внимание к выбору и применению смазочных материалов может привести к значительным эксплуатационным проблемам и повышению затрат на обслуживание. В данном контексте предложенные в работе методы прогнозирования межремонтного пробега и модель изнашивания гребня колеса обеспечивают ценную информацию для практического применения.

Важно отметить, что актуальность темы подтверждается ростом требований к надежности и безопасности железнодорожного транспорта. Определение влияния различных присадок на износ гребня и выделение водорода в процессе трения дает ключевые данные для разработки более эффективных смазочных решений. Исследования, проведенные автором,

адресуют конкретные практические задачи и предлагают пути их решения, что делает работу чрезвычайно актуальной и полезной для дальнейшего развития железнодорожной отрасли.

На основании вышеизложенного считаю, что тема диссертационной работы Ващишиной А.П. на тему «Повышение износостойкости гребня бандажа колеса локомотива улучшением антифрикционных свойств пластичного смазочного материала» является актуальной.

2. Научная новизна исследований и полученных результатов.

1. Автор показывает и обосновывает, что введение сульфоорганического соединения в качестве присадки в концентрации 0,1 % повышает износостойкость пары трения гребень колеса локомотива и рельс в 1,5 раза.

2. Разработанная автором модель изнашивания гребня бандажа колеса локомотива учитывает свойства смазочного материала с присадками и физико-механические свойства поверхностей трения, предлагая выражение для определения скорости изнашивания гребня бандажа.

3. Экспериментальные данные автора показывают, что в диапазоне температур смазочного материала коэффициенты трения смазочных материалов с присадками при максимальной температуре 260°C составляют: сульфосоединение 0,217, фосфорорганическое соединение 0,160, гидрохинон 0,102.

3. Практическая значимость работы:

1. Автор разработал испытательный стенд, позволяющий проводить испытания на износ с параллельным определением выделения диффузионно-активного водорода при трении.

2. Расчетный экономический эффект от использования смазочного материала с присадкой сульфоорганического соединения, предложенный автором, составил 1 млн рублей в год для одного локомотиворемонтного депо.

3. Внесены улучшения в конструкцию системы смазывания гребня бандажа колеса локомотива, включая добавление отсека с катализатором в конструкцию бака смазочной системы.

4. Структура диссертационной работы.

Диссертация представляет собой завершённый научный труд с чёткой логической структурой. Она включает введение, пять глав, заключение и перечень использованных источников. Работа занимает 155 страниц машинописного текста и содержит 29 таблиц, 68 иллюстраций, а также список литературы, насчитывающий 212 наименований. Диссертационная работа соответствует следующим пунктам Паспорта научных специальностей Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации по специальности 2.5.3 – «Трение и износ в машинах»:

- п.8: «Триботехнические свойства смазочных материалов»;
- п.10: «Физическое и математическое моделирование процессов трения и изнашивания. Расчет и оптимизация узлов трения и сложных трибосистем».

Диссертационное исследование **во введении** содержит актуальность исследования, обозначены цель и задачи. Представлен объект и предмет исследования, сформулирована научная новизна, практическая значимость работы, и положения, выносимые на защиту.

Глава 1 представляет собой всесторонний аналитический обзор, включающий анализ современной отечественной и зарубежной литературы, охватывающий характеристики трибологической пары гребень колеса и рельс, технологии производства смазочных материалов с присадками, а также обоснование выбора исследуемых добавок. Приведен анализ исследований свойств смазочных материалов и рассмотрен анализ их исследования, приведены некоторые методики и расчет концентраций, толщины смазывающей пленки. В работе подробно рассмотрены методы повышения износостойкости, анализируются существующие модели износа гребня колеса, выполненные на специализированных ПО, без учета свойств смазывающих материалов, предложены новые подходы к улучшению эксплуатационных характеристик.

В главе 2 автор приводит обширный обзор методических подходов к

проведению экспериментальных исследований смазочных материалов и материалов гребня колеса локомотива. Приведены концентрации присадок, которые были изготовлены и использованы в анализе, аргументировано показаны физико-химические свойства выбранных соединений. В главе детализированы установки и условия экспериментов. В качестве данных для расчетов автор использует свойства пластичного смазочного материала и свойства гребня колеса локомотива. Показана экспериментальная установка для определения износа, а также параллельного определения диффузионно-активного водорода с помощью датчика методом обратной тяги. Важной характеристикой смазочных материалов является коэффициент трения, поэтому в главе подробно описана маслоиспытательная машина КТ-2 и условия проведения эксперимента.

Автор использует современное оборудование для исследований и установленные методики, подробно описаны характеристики приборов и режимы их работы.

В главе 3 автор предлагает разработанную модель изнашивания гребня колеса локомотива и методику прогнозирования межремонтного пробега локомотива (на примере Забайкальской железной дороги). В работе представлены обобщения и практические рекомендации. Проведён регрессионный анализ результатов исследования изнашивания гребня колеса с различными присадками и эксплуатационными свойствами пары трения, который показывает значимость модели и высокий коэффициент, связывающий между собой выбранные критерии.

Широко охвачена тема взаимодействия гребня колеса и рельса как системы двух тел, особенно в условиях наличия слоя смазочного материала. Моделирование скорости изнашивания выполнено на основе теории подобия. В работе выделены ключевые факторы узла трения: свойства колесной пары и свойства смазочного материала, важными из которых, основываясь на дисперсионном и регрессионном анализе, оказались вязкость смазочного материала и интенсивность выделения диффузионно-активного водорода.

Также, на основе проведенного анализа, была предложена регрессионная модель, учитывающая только эти два фактора и показан мультиколлениарный анализ переменных. Отмечено, что более точный расчет можно провести на примерах других участков железнодорожных путей с учетом длины участка, количества и радиусов кривых, скорости локомотива, возвышения наружного рельса и расстояния между кругами катания колес.

4 глава посвящена обсуждению результатов экспериментальных исследований. Проведенные экспериментальные исследования показывают, что свойства смазочного материала, такие как, вязкость, агрессивность, способность к смачиваемости, коэффициент трения, определяют его характеристики и возможность применения на железнодорожном транспорте в специализированных форсунках.

В рамках исследования проводились испытания новых присадок, сравнивая их с широко применяемым смазочным материалом Пума, результаты показали, что добавление сульфосоединений в Пума снижает скорость износа гребня на 20%, в то время как добавление производных гидрохинона уменьшает износ на 6%. Параллельно с определением износа на машине трения определялось выделение диффузионно-активного водорода, наименьшее значение соответствует фосфорорганической присадке, что автор также аргументирует свойствами соединения. Определение вязкости смазочного материала Пума с присадками показало наибольшее значение с сульфоорганическим соединением, что обусловлено строением полисоединения с мостиками из серы. Коэффициент меняется неравномерно в зависимости от температуры.

Использование присадок из сульфосоединений, фосфорорганических соединений и гидрохинона не изменяет структуру материала. Химически активные присадки не оказывают отрицательного воздействия на материал.

В 5 главе приведен экономический расчет от внедрения сульфоприсадки в смазочный материал. Показан расчет в отношении экономии на обточках гребней локомотивов к сокращенной длине участка, на

которой произойдет износ (в связи с использованием присадки сульфосоединения, уменьшающей износ поверхности трения).

Автор **обоснованно** применяет современные теории граничного трения, механического и водородного изнашивания, а также дисперсионный и регрессионный анализ для своих исследований. Он эффективно связывает свойства пластичного смазочного материала с контактным взаимодействием гребня колеса и рельса в криволинейных участках пути, учитывая важные условия взаимодействия и выявляя ключевые факторы. Ограничения модели чётко указаны, а дисперсионный и регрессионный анализ помогают выделить значимые факторы и их взаимосвязь.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием широкого спектра российской и зарубежной литературы, а также высокой сходимостью расчётов и экспериментов. Результаты исследования представлены на конференциях как в России, так и за рубежом, а также опубликованы в рецензируемых журналах РИНЦ, ВАК и WOS/SCOPUS, что подтверждает их надёжность и актуальность.

Замечания и рекомендации по диссертации. К настоящей работе имеется ряд замечаний.

1. Разработанная математическая модель износа была верифицирована и показала свою состоятельность, однако, автором диссертации не проведено сравнение с моделями других авторов.

2. Проведенные автором реологические испытания являются необходимыми при определении предельного напряжения сдвига смазочного материала и динамической вязкости, однако они не учитывают зависимость вязкости от давления.

3. К сожалению, в работе отсутствуют зависимости поверхностного натяжения используемых ПАВ от концентрации, поэтому не представляется возможным определить величины критической концентрации мицеллообразования, необходимой для оптимизации смазочных материалов.

Замечания не снижают общей научной и практической ценности работы

и носят рекомендательный характер.

Основные публикации работы. По теме диссертации автором опубликована 21 печатная работа, в том числе 6 в научных изданиях, входящих в перечень Высшей аттестационной комиссии Российской Федерации, 3 публикации в Международных базах цитирования Scopus, WebofScience, 10 публикаций в материалах конференций, получено 2 патента на полезную модель.

Рекомендации по использованию результатов работы. Результаты, полученные в данной работе, открывают широкие перспективы для дальнейших исследований в области разработки и улучшения смазочных материалов. В первую очередь, они позволяют глубже изучить влияние различных присадок на формирование защитной пленки на рабочих поверхностях. Это исследование может стать основой для оценки трибохимических характеристик присадок, что, в свою очередь, поможет в разработке новых добавок с улучшенными свойствами, такими как повышенная износостойкость и устойчивость к экстремальным условиям эксплуатации.

Кроме того, результаты могут быть использованы для проведения сертификационных испытаний, что является необходимым этапом для внедрения новых смазочных материалов в промышленность. Применение полученных данных также актуально для оптимизации процессов технического обслуживания и ремонта железнодорожного подвижного состава, что поможет снизить эксплуатационные расходы и повысить надёжность работы оборудования.

Помимо железнодорожного транспорта, результаты исследования могут найти применение в других областях, где важна высокая износостойкость и эффективное трение, например, в авиации, машиностроении и автопроме. В этих областях улучшенные смазочные материалы могут способствовать увеличению срока службы деталей, снижению затрат на обслуживание и

повышению общей эффективности работы техники.

Заключение. Диссертационная работа Ващишиной Анны Павловны на тему «Повышение износостойкости гребня бандажа колеса локомотива улучшением антифрикционных свойств пластичного смазочного материала», является завершенной научно-квалификационной работой и содержит новые научные результаты. Диссертационная работа Ващишиной Анны Павловны соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (в пунктах 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), а ее автор Ващишина Анна Павловна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.3 - «Трение и износ в машинах».

Официальный оппонент

Кандидат технических наук (спец. 05.02.04),
доцент кафедры теоретической и прикладной механики
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный
энергетический университет имени В.И. Ленина»

Шилов Михаил Александрович

«17» сентября 2024 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Ивановский государственный энергетический
университет имени В.И. Ленина», 153003, Центральный федеральный округ,
Ивановская область, город Иваново, улица Рабфаковская, дом 34
Тел. +7 (4932) 26-99-99, E-mail: office@ispu.ru

Подпись Шилова Михаила Александровича заверяю

Ученый секретарь Совета ИГЭУ

к.э.н., доцент

«17» сентября 2024 г.

Вылгина Юлия Вадимовна

