

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по УР и МД
ФГБОУ ВО «Донской государственный
технический университет»
д-р техн. наук, профессор
А.Н. Бескопыйный
_____ 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Шевцова Михаила Юрьевича «Технологическое повышение износостойкости деталей дифференциала имплантацией материалов на основе карбида вольфрама», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям:

2.5.6 – Технология машиностроения, 2.5.3 -Трение и износ в машинах

1. Актуальность темы диссертационного исследования.

Актуальность работы обусловлена поиском путей и решений, направленных на улучшение эксплуатационных показателей и повышение качества поверхностных слоев цилиндрических поверхностей трения.

Объектом исследования автором выбраны детали дифференциала, имеющие цилиндрические поверхности трения, работающие в условиях скользящего контакта и граничного трения, в частности, детали дифференциала переднего моста специального колесного шасси грузового автомобиля типа «Тягач» (пара трения «сателлит – ось сателлита»). Несмотря на достаточно широкие исследования процессов контактного взаимодействия, трения и изнашивания деталей машин., не получили должного разрешения вопросы, связанные с адекватным моделированием процессов контактного взаимодействия и изнашивания цилиндрических поверхностей трения, а также технологическим обеспечением их износостойкости и ресурса на требуемом уровне, с применением недорогостоящих материалов и технологий их обработки.

Необходимость разрешения этих вопросов определяют актуальность диссертационного исследования, основной целью которого является повышение износостойкости деталей дифференциала, имеющих цилиндрические поверхности трения, в частности пары трения «сателлит – ось сателлита», имплантацией материалов на основе карбида вольфрама с последующим электромеханическим упрочнением.

2. Структура и основное содержание работы.

Работа представлена логичной структурой и состоит из последовательных глав, соответствующих поставленной цели и задачам исследования. Диссертационная работа Шевцова Михаила Юрьевича является завершенным научным исследованием и состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованных источников и приложения. Работа

изложена на 163 страницах машинописного текста, включающего 18 таблиц, 78 рисунков, списка литературы из 109 наименований и приложений на 6 страницах. Автореферат, представленный на 20 страницах, полно и достоверно отражает содержание диссертации. Список основных работ по теме диссертации включает 27 работ, из которых 8 опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК, 4 опубликованы в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus. Также получен 1 патент на изобретение.

Во **введении** приведены актуальность и степень разработанности решаемой проблемы, определены цель и задачи исследования, сформулирована практическая ценность и научная новизна исследования, приводятся сведения о достоверности и апробации результатов исследования.

В **первой** главе на основании изучения литературных источников, приведен обзор и анализ современного подхода к проблеме обеспечения износостойкости цилиндрических поверхностей трения деталей машин. Рассмотрено применение деталей с цилиндрическими поверхностями в узлах трения машин, виды трения и изнашивание цилиндрических поверхностей. Проанализированы современные технологические методы повышения износостойкости цилиндрических поверхностей трения. Показано, что наиболее перспективными в управлении функциональными параметрами качества и износостойкостью поверхностного слоя являются методы электромеханической и лазерной обработки.

Во **второй** главе приведена методика моделирования процесса контактного взаимодействия и изнашивания цилиндрических поверхностей с учетом параметров шероховатости и физико-механических свойств; оборудование, технические средства и методы, обеспечивающие проведение экспериментальную проверку результатов теоретических исследований; сравнение триботехнологических возможностей современных методов упрочнения с методом комбинированной электромеханической обработки.

В **третьей** главе представлены результаты теоретических исследований. процессов контактного взаимодействия, трения и изнашивания деталей с цилиндрическими поверхностями трения с учетом их шероховатости и физико-механических свойств поверхностного слоя. Предложена модель изнашивания цилиндрических поверхностей трения и проведена проверка её адекватности.

Четвертая глава посвящена экспериментальным исследованиям износостойкости поверхностей трения комбинированной электромеханической обработкой. Установлено, что эффект упрочнения при электромеханической обработке достигается благодаря реализации высоких скоростей нагрева и охлаждения, и достижению высокой степени измельченности аустенитного зерна, которая обуславливает мелкокристаллические структуры закалки поверхностного слоя, обладающего высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами

В пятой главе приведены результаты сравнительного анализа экспериментальных триботехнических испытаний образцов полученных нормализованным методом, износостойкости конструкционной стали 45 с модифицированной структурой упрочненной поверхности (имплантированной карбидами вольфрама с последующим электромеханическим упрочнением -технология ИКЭМО) и достаточно дорогих, технологически сложных в получении современных износостойких покрытий.

Шестая глава посвящена рекомендациям по использованию результатов исследований и расчету экономической эффективности

3. Научная новизна результатов работы.

В результате выполнения диссертационной работы автором получены новые закономерности и методы, в частности:

- разработана технология комбинированной электромеханической обработки (ИКЭМО), заключающаяся в насыщении поверхностного слоя карбидами вольфрама и углеродом из консистентного состава, содержащего графитный смазочный материал с карбидами вольфрама, при электромеханическом воздействии, с последующим электромеханическим упрочнением, что позволяет получать композиционно упрочненный имплантированными карбидами вольфрама поверхностный слой с подслоем стабилизированного вольфрамом переохлажденного аустенита, армированного сеткой из карбида вольфрама (п. 4, п. 7 паспорта специальности 2.5.6 – Технология машиностроения).
- разработаны модели процесса контактного взаимодействия и изнашивания, которые посредством компьютерного статистического расчета характеристик контактного взаимодействия трущихся цилиндрических поверхностей (фактической площади контакта, сближения контактирующих поверхностей, фактического давления; интенсивности изнашивания, с учетом параметров шероховатости, коэффициента упрочнения, физико-механических свойств, условий трения), позволяют выполнять сравнительную оценку эффективности технологических параметров ИКЭМО (п. 2, п. 10 паспорта специальности 2.5.3 – Трение и износ в машинах).

4. Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

Достоверность результатов выполненных исследований подтверждается использованием современных методов и средств измерений, совокупностью экспериментальных исследований и подтвержденной статистическими методами адекватностью полученных моделей, а также апробацией на паре трения «сателлит – ось сателлита» дифференциала переднего моста специального колесного шасси грузового автомобиля типа «Тягач». Приведенные результаты не противоречат данным других авторов.

Основные положения диссертационной работы доложены на международных конференциях и семинарах и отражены в 27 печатных

работах в различных журналах и сборниках трудов конференций, из которых 4 работы опубликованы в научных изданиях, входящих в международные реферативные базы данных, и 8 в изданиях, входящих в перечень ВАК. Также по результатам исследований получен 1 патент на изобретение.

Выводы в заключении в достаточной степени обоснованы, соответствуют поставленным задачам, цели работы и сформулированной новизне.

5. Значимость полученных автором диссертации результатов развития соответствующей отрасли науки.

Значимость полученных результатов заключается в:

1. Разработке технология комбинированной электромеханической обработки получения износостойкого модифицированного поверхностного слоя, имплантированием материалов на основе карбида вольфрама с последующим электромеханическим упрочнением, начиная с обработки заготовки и заканчивая финишной обработкой детали

2. Разработке модели, алгоритмов и программного обеспечения для определения характеристик контактного взаимодействия трущихся цилиндрических поверхностей: фактической площади контакта; сближения контактирующих поверхностей; фактического давления; с учетом параметров шероховатости, коэффициента упрочнения и физико-механических свойств поверхностного слоя.

3. Применении метода ИКЭМО в качестве высокоэффективного способа обеспечения и повышения износостойкости поверхностей трения

Основные положения и выводы диссертации Шевцова М.Ю. могут быть использованы в практике машиностроительных предприятий с целью повышения износостойкости цилиндрических поверхностей трения

6. Соответствие диссертации и автореферата паспортам научных специальностей

Содержание диссертации и автореферата соответствуют требованиям паспорта научной специальности 2.5.6. - «Технология машиностроения» по п. п. 4 «Совершенствование существующих и разработка новых методов обработки и сборки с целью повышения качества изделий машиностроения и снижения себестоимости их выпуска», п. п. 7. «Технологическое обеспечение и повышение качества поверхностного слоя, точности и долговечности деталей машин»; паспорта научной специальности 2.5.3. – «Трение и износ машин» по п. п. 2 «Механика и физика контактного взаимодействия при трении покоя, трении скольжения, трении качения и качения с проскальзыванием с учетом строения, качества и свойств поверхностных слоев, п. п. 10 «Физическое и математическое моделирование процессов трения и изнашивания. Расчет и оптимизация узлов трения и сложных трибосистем».

6. Замечания по диссертационной работе.

1 Первая глава диссертации перегружена излишней информацией, что привело к её завышенному объёму. Так если автор изначально, на основании априорной информации определил для модификации поверхностного слоя цилиндрических деталей электромеханическую обработку, то её технологические возможности и нужно было раскрыть. В противном случае выбор электромеханической обработки нужно было обосновать путем сравнительного анализа с другими методами по конкретным показателям.

2.Предложенная в работе кинетическая модель изнашивания цилиндрических поверхностей трения (в работе 3.19, в автореферате 4) предусматривает коэффициент упрочнения поверхностного слоя, при этом рекомендации по его определению не приводятся

3. На рис. 5.2 и 5.3 наблюдается резкий рост величины суммарного линейного износа на определённых этапах эксперимента, после чего ход эволюции трибосистем изменяется. Однако, интерпретации данного явления не приводится, так же, как и объяснений его отсутствия при трении образцов с ИКЭМО на рис. 5.6. Не ясно также, какое количество экспериментов проводилось для каждого варианта модификации поверхности и наблюдалась ли повторяемость данных эффектов во всех реализациях?

4.Снижение суммарного линейного износа элементов трибопары *in situ* является, несомненно, весьма важным показателем эффективности модификации поверхности трения. Однако, величина этого параметра складывается не только из износа цилиндрического образца, но и индентора, а также особенностей процесса формирования граничного смазочного слоя в зазоре между поверхностями трущихся тел. В этой связи полезным было бы предоставить информацию об износе непосредственно упрочняемого образца -сравнительные данные по массовым или объёмным потерям, микроскопические снимки поверхностей трения.

5.В табл. 5.2, 5.3 желательно было бы указать границы доверительных интервалов для всех оцениваемых параметров и привести краткое описание процесса статистической обработки опытных данных.

7. Заключение.

Диссертационная работа выполнена на актуальную тему и является законченной научно-квалификационной работой. Результаты, полученные соискателем, вносят существенный вклад в повышение износостойкости цилиндрических поверхностей трения, в частности пары трения «сателлит – ось сателлита», на основе получения модифицированного поверхностного слоя имплантацией материалов на основе карбида вольфрама с последующим электромеханическим упрочнением, и имеют важное практическое значение. Выводы и основные результаты, представленные в работе, обоснованы теоретически и экспериментально и опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Автореферат достоверно и полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа соответствует требованиям научных специальностей: 2.5.6. - «Технология машиностроения», 2.5.3. - «Трение и износ машин» и требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Шевцов Михаил Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 2.5.6. - «Технология машиностроения», 2.5.3. - «Трение и износ машин».

Диссертационная работа Шевцова Михаила Юрьевича и настоящий отзыв обсуждены на совместном заседании кафедр «Технология машиностроения», «Металлорежущие станки и инструменты» - 04.04.2025 г.

Присутствовало: 18 человек, в том числе 5 – д-р техн. наук, профессоров, 12 – канд. техн. наук, доцентов.

Голосовали за – 18, против – нет.

Заведующий кафедрой «Технология машиностроения» д-р техн. наук,
(научная специальность: 05.02.08)
профессор
Тел. 89034055101,
Email: tehn_rostov@mail.ru



Тамаркин Михаил Аркадиевич

И. о. заведующего кафедрой
«Металлорежущие станки и инструменты» канд. техн. наук,
(научная специальность: 05.02.08)
профессор
Тел. 89515395159,
Email: va.lebidev@yandex.ru



Лебедев Валерий Александрович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный технический университет", ДГТУ
344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1; +7(863) 273-85-25;
reception@donstu.ru

Подписи Тамаркина Михаила Аркадьевича
Лебедева Валерия Александровича

заверяю

Ученый секретарь Ученого Совета

«07» апреля 2025 г.


В.Н. Анисимов

