

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.277.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНОБРНАУКИ РОССИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21.05.2025 № 8

О присуждении Шевцову Михаилу Юрьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Технологическое повышение износостойкости деталей дифференциала имплантированием материалов на основе карбида вольфрама» по специальностям 2.5.6 – Технология машиностроения и 2.5.3 – Трение и износ в машинах принята к защите 12.03.2025 г. (протокол заседания № 4) диссертационным советом 24.2.277.01, созданным на базе ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», Минобрнауки России, 241035, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, д.7, приказ о создании диссертационного совета утвержден приказом Минобрнауки №62/нк от 26.01.2023 г.

Соискатель Шевцов Михаил Юрьевич, 24.02.1992 года рождения, в 2021 году окончил ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 15.06.01 «Машиностроение», с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь», работает старшим преподавателем в Научно-образовательном центре АО «Брянский автомобильный завод» (НОУЦ БАЗ).

Диссертация выполнена в ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» на кафедре «Трубопроводные транспортные системы».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Производство и сервис в транспортном машиностроении» Горленко Александр Олегович, ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический

университет».

Официальные оппоненты:

1. Албагачиев Али Юсупович, доктор технических наук (05.02.08), профессор, заведующий лабораторией узлов трения для экстремальных условий, заведующий отделом «Трение, износ, смазка. Трибология» ФГБУН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук» «ИМАШ РАН» (г. Москва);

2. Яшин Александр Васильевич, кандидат технических наук (05.02.08), доцент, заведующий кафедрой «Технология машиностроения», Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой «Технология машиностроения» доктором технических наук (05.02.08), профессором Тамаркиным Михаилом Аркадиевичем и и.о. заведующего кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» кандидатом технических наук (05.02.08), профессором Лебедевым Валерием Александровичем, утвержденным доктором технических наук, профессором, проректором по УР и МД Бескопыльным А.Н., указала, что 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.

Соискатель имеет 27 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 27 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 12 работ, в том числе в изданиях, индексируемых в международной реферативной базе Scopus – 4 работы. Получен патент РФ на изобретение.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Горленко, А.О. Контактное взаимодействие и изнашивание стальных деталей с цилиндрическими поверхностями трения / А.О. Горленко, М.Ю. Шевцов, Д.А. Болдырев // Сталь. – 2024. – № 10. – С. 34 – 41.

2. Горленко, А.О. Оценка параметров контактного взаимодействия и изнашивания деталей с цилиндрическими поверхностями трения / А.О. Горленко, Е.В. Агеев, М.Ю. Шевцов // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2024. – № 28(3). – С. 10 – 24.

3. Горленко, А.О. Повышение износостойкости цилиндрических поверхностей трения комбинированной электромеханической обработкой / А.О. Горленко, М.Ю. Шевцов // Научные технологии в машиностроении. – 2024. – № 3(153). – С. 12 – 21.

4. Горленко, А.О. Повышение износостойкости поверхностей трения углеродистых и легированных сталей имплантацией наноразмерных, высокотвердых дисперсных частиц / А.О. Горленко, М.Ю. Шевцов, Д.А. Болдырев // Сталь. – 2022. – № 3. – С. 28 – 33.

5. Горленко, А.О. Повышение износостойкости поверхностей трения стальных деталей машин электромеханическим упрочнением / А.О. Горленко, С.В. Давыдов, М.Ю. Шевцов, Д.А. Болдырев // Сталь. – 2019. – № 11. – С. 53 – 57.

6. Горленко, А.О. Формирование износостойкого поверхностного слоя в углеродистых сталях на основе карбида вольфрама комбинированной электромеханической обработкой / А.О. Горленко, С.В. Давыдов, М.Ю. Шевцов, Д.А. Болдырев // Сталь. – 2019. – № 3. – С. 57 – 60.

7. A.O. Gorlenko, M. Yu. Shevtsov, D. A. Boldyrev. Improving Wear Resistance for Friction Surfaces of Carbon and Alloyed Steels via Implanting Nanosized Particles // Steel in Translation. – 2022. – Vol. 52. – № 3. – pp. 28 – 33.

8. A. O. Gorlenko, S. V. Davydov, M. Yu. Shevtsov. Surface hardening of carbon steel with tungsten carbide powder by plastic deformation / Proceedings International Conference «Problems of Applied Mechanics» // Melville, New York. – 2021. – Vol. 2340. – pp. 070001-1 – 070001-8.

9. A.O. Gorlenko, S.V. Davidov, M. Yu. Shevtsov, D. A. Boldyrev. Wear-Resistance Increase of Friction Surfaces of Steel Machine Parts by Electro-Mechanical Hardening // Steel in Translation. – 2019. – Vol. 49. – № 11. – pp. 800 – 805.

10. A.O. Gorlenko, S.V. Davidov, M. Yu. Shevtsov, D. A. Boldyrev. Creation of a Wear-Resistant Tungsten-Carbide Surface Layer on Carbon Steels by Implantation and Electromechanical Machining // Steel in Translation. – 2019. – Vol. 49. – № 3. – pp. 212 – 216.

11. Патент (RU 2704345 C1) № 2704345 от 28.10.2019 «Способ внедрения в поверхностный слой углеродистых конструкционных сталей карбидов и оксидов тугоплавких металлов комбинированным пластическим деформированием».

Работы посвящены технологическому повышению износостойкости цилиндрических поверхностей трения деталей машин.

На диссертацию и автореферат поступило 14 отзывов. Все отзывы положительные. Отмечается актуальность работы, важность полученных научно-технических результатов и их новизна.

1. **Агеева Екатерина Владимировна**, доктор технических наук (2.6.1), профессор, профессор кафедры «Технологии материалов и транспорта» ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет». Замечания: 1. Из текста автореферата не ясно, каким образом осуществлялась оптимизация процесса имплантирования материалов на основе карбида вольфрама с последующим электромеханическим упрочнением, и что было выбрано за критерий оптимизации. 2. Из текста автореферата не ясно, чем обоснован выбор объекта исследования, в частности пары трения «сателлит – ось сателлита»?

2. **Мышкин Николай Константинович**, доктор технических наук (05.02.04), профессора, академика НАН Беларуси, заведующего отделом «Трение, смазка и эксплуатационная стойкость материалов» и кандидата технических наук (05.02.04), **Гуцев Дмитрий Михайлович**, заведующий сектором «Специальные смазочные материалы» Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого Национальной академии наук

Беларуси».

Среди замечаний необходимо обратить внимание на невысокое качество иллюстрационного материала, в частности рисунков 4 – 6, на которых имеются нечитаемые надписи.

3. Погонышев Владимир Анатольевич, доктор технических наук (05.02.04), профессор, профессор кафедры «Автоматика, физика и математика» ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет». Из недостатков отмечены синтаксические ошибки и нечеткости в размерностях в формуле (5).

4. Измайлов Владимир Васильевич, доктор технических наук (05.02.04), профессор, профессор кафедры «Прикладная физика», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный технический университет» (г. Тверь). Замечания по автореферату: 1. Объектом исследования, как указано на стр. 4 автореферата являются «цилиндрические поверхности трения», однако на рис. 2 изображен контакт плоских поверхностей (шероховатой и гладкой). В подрисуночной подписи они же названы поверхностями вала и втулки. Из автореферата неясно, как учитывается специфика контакта криволинейных поверхностей с близкими радиусами кривизны (и учитывается ли вообще) в предлагаемой автором модели контактного взаимодействия. 2. На стр. 18 автореферата в п.6 заключения указано, что доминирующим технологическим параметром ИКЭМО является плотность тока j , хотя согласно уравнению (7) на стр. 14 для параметра шероховатости R_a таковым является скорость обработки v_0 (показатель степени 0,69 против 0,57 для j).

5. Михайлов Александр Николаевич, доктор технических наук (05.02.08), профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет». Замечания: 1. Непонятно, какой износ произошел у сателлита в месте контакта с осью сателлита по результатам проведения заводских испытаний. 2. Непонятно, какую максимальную нагрузку может выдержать поверхностный слой контактирующих деталей.

6. Скотникова Маргарита Александровна, доктор технических наук

(05.02.04), профессор, председатель Диссертационного Совета У.2.5.3 «Трение и износ в машинах» ФГАОУ ВО «СПбПУ» имени Петра Великого. Замечание: «В главе 5 автор описывает металлографические исследования после имплантирования в поверхность детали карбида вольфрама по технологии ИКЭМО. Хотелось бы уточнить размер частиц WC в стальной основе (рис. 5 в автореферате и диссертации). Будут ли частицы выкрашиваться в процессе длительной эксплуатации или являться концентраторами напряжений?».

7. Таричко Вадим Игоревич, кандидат технических наук (05.04.02), заместитель генерального конструктора, начальник конструкторского комплекса № 4, главного конструктора АО «СЗРЦ Концерна Воздушно-космической обороны «Алмаз-Антей» – Обуховский завод».

По тексту автореферата сделаны следующие замечания: 1. В процессе выполнения экспериментальной части диссертационного исследования целесообразно было бы проведение триботехнических испытаний с использованием различных трансмиссионных масел, разрешенных к применению в автомобильной технике. 2. Расчет технико-экономической эффективности использования разработанной технологии упрочнения пары «сателлит – ось сателлита» в условиях серийного производства дифференциалов мостов АО «Брянский автомобильный завод», не содержит анализа изменения величины безотказного пробега дифференциалов главных передач, изготовленных по серийной и опытной технологиям, при эксплуатации в составе специального колесного шасси (тягача) в различных дорожных условиях.

8. Цветков Юрий Николаевич, доктор технических наук (05.02.04), профессор, заведующий кафедрой технологии судоремонта Института водного транспорта ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова». По автореферату выделяет следующие замечания: 1. К сожалению, автор не дает описания образцов, используемых при испытании на машине трения. Судя по всему, одним из элементов пары трения был стальной ролик, а что использовалось в качестве контртела? Если использовался индентор из сплава ВК8 (см. с. 14 автореферата), то непонятно, из

каких соображений было выбрано именно такое контртело, и какова его форма. 2. Автор говорит о том, что технология ИКЭМО позволила снизить интенсивность изнашивания пары трения «сателлит – ось сателлита» в 2,07 раза. Но пара трения состоит из двух элементов, и очень важно знать распределения износа между элементами пары. 3. Автор не указывает конкретно, какой из элементов (сателлит или ось сателлита) предполагается подвергать ИКЭМО. Судя по всему, обработке будет подвергаться ось сателлита. В исходной паре трения твердость сателлита выше твердости оси. Автор не приводит данных о твердости оси сателлита после ИКЭМО. Если твердость поверхности трения оси будет превышать твердость поверхности трения сателлита, то как эта инверсия твердостей элементов пары трения скажется на надежности трибосопряжения?

9. **Чулкин Сергей Георгиевич**, доктор технических наук (05.02.04), профессор, профессор кафедры «Технология судостроения» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет». В качестве замечаний отмечает следующее, касающееся «Положений, выносимых на защиту»: 1. Целесообразно было конкретизировать п.1 и представить в виде: «Новая комбинированная технология повышения износостойкости пары трения...» и убрать окончание:» ... имеющие существенное значение для развития страны». 2. Не удовлетворяет п. 2, т.к. не может выноситься на защиту «Возможность технологического повышения ... ». 3. Не удовлетворяет п. 5, т.к. он, по существу, дублирует п. 4.

10. **Шарков Олег Васильевич**, доктор технических наук (05.02.02), доцент, профессор Высшей школы киберфизических систем ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта». Замечания по тексту автореферата: 1. В тексте повторяются одинаковые по смыслу абзацы «Разработана технология комбинированной электромеханической обработки ... » (с. 5, 6 и 17). 2. Не описано, как проводилось планирование экспериментов (с. 12 – 16). 3. В заключении, п.5 (с. 18) говорится «о высокой адекватности моделей процессов контактного взаимодействия и изнашивания», однако критерии сравнения и численные

результаты оценки адекватности не приводятся.

11. Малышев Владимир Николаевич, доктор технических наук (05.02.04 и 05.02.01), профессор, профессор кафедры трибологии и технологий ремонта нефтегазового оборудования ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (Национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина». Замечания по автореферату: 1. Разработанная технология модифицирования и упрочнения поверхности с использованием оснастки в виде двух роликов позволяет проводить упрочение только наружных цилиндрических поверхностей (валов, осей, цилиндров), и не предусматривает обработку внутренних цилиндрических поверхностей, что ограничивает ее использование для более широкого круга деталей. 2. В автореферате, к сожалению, не приведены результаты испытаний образцов с модифицированным поверхностным слоем на машине трения при различных нагрузках и скоростях скольжения, для возможности сопоставления данных с результатами других исследователей.

12. Леонов Сергей Леонидович, доктор технических наук (05.02.08), профессор, профессор кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова». Замечания: 1. Из автореферата неясно, как получена и для чего используется формула (1). По какому закону распределена случайная величина η и что характеризует параметр распределения λ . Непонятно также, как рассчитаны коэффициенты зависимостей (5)-(8), проверялась ли значимость их коэффициентов и адекватность самих зависимостей.

13. Шульга Геннадий Иванович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автомобили и транспортные комплексы» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платонова». Замечания по автореферату: 1. Диссертанту на основании ГОСТ Р 52051-2003 «Механические транспортные средства и прицепы. Квалификация и определения», в котором автомобили квалифицированы по грузоподъемности, следовало бы дать рекомендации для групп автомобилей, в которых технология ИКЭМО может быть

эффективно использована для повышения износостойкости пары трения «сателлит-ось сателлита» дифференциала. 2. На рис. 5 автореферата - структура поверхностного слоя, упрочненного карбидом вольфрама, приведено три слоя с выраженными границами раздела между слоями. Следовало бы привести в автореферате исследования адгезии такой трехслойной градиентной структуры, образуемой на стальных поверхностях.

14. Куликов Михаил Юрьевич Доктор технических наук (05.03.01), профессор, заведующий кафедрой «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава». Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта» ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ). Замечания по автореферату: 1. Несоответствие единиц измерения в некоторых эмпирических формулах международной системе СИ. 2. Непонятны режимы проведения процесса чистового шлифования: припуск на обработку или это просто процесс выхаживания

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается необходимой квалификацией и знаниями в областях наук «Технология машиностроения» и «Трение и износ в машинах».

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная идея формирования износостойкого композиционно упрочненного поверхностного слоя путем его насыщения карбидами вольфрама и углеродом из консистентного смазочного материала в процессе электромеханического воздействия;

предложена оригинальная научная гипотеза о повышении износостойкости цилиндрических поверхностей трения за счет имплантирования материалов на основе карбида вольфрама в поверхностный слой в процессе комбинированной электромеханической обработки;

доказана перспективность применения процесса имплантирования в поверхностный слой материалов на основе карбида вольфрама с последующим

электромеханическим упрочнением (ИКЭМО) для повышения износостойкости деталей дифференциала, в частности пары трения «сателлит – ось сателлита»;

введено понятие технологии имплантирования поверхностного слоя материалами на основе карбида вольфрама с последующим электромеханическим упрочнением – технология ИКЭМО.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения о возможности повышения износостойкости цилиндрических поверхностей трения, в частности пары трения «сателлит – ось сателлита» комбинированной электромеханической обработкой;

применительно к проблематике диссертации результативно использована методика моделирования процесса контактного взаимодействия и изнашивания цилиндрических поверхностей с учетом параметров шероховатости и физико-механических свойств;

изложены аргументы и доказательства существенного влияния технологии ИКЭМО на шероховатость, микротвердость и износостойкость поверхностного слоя;

раскрыты особенности создания модифицированных поверхностных слоев, композиционно упрочненных материалами на основе карбидов вольфрама;

изучено влияние режимов ИКЭМО на параметры шероховатости поверхностного слоя, коэффициентом его упрочнения, интенсивностью изнашивания;

проведена модернизация инструментально-технологической оснастки и методики выбора технологических режимов комбинированной электромеханической обработки цилиндрических поверхностей трения.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены:

– технология комбинированной электромеханической обработки (ИКЭМО). На данный способ обработки получен патент на изобретение (RU 2704345 C1);

– модель процесса контактного взаимодействия, позволяющая определять

характеристики контактного взаимодействия трущихся цилиндрических поверхностей: фактическую площадь контакта, сближение контактирующих поверхностей, фактическое давление; с учетом параметров шероховатости, коэффициента упрочнения и физико-механических свойств поверхностного слоя;

– технологические рекомендации применения технологии ИКЭМО, что позволяет повысить ресурс пары трения «сателлит – ось сателлита» дифференциала переднего моста специального колесного шасси грузового автомобиля типа «Тягач», по сравнению с заводским вариантом, более, чем в 2 раза;

определены:

– рациональные режимы для получения износостойкого модифицированного поверхностного слоя имплантацией материалов на основе карбида вольфрама с последующим электромеханическим упрочнением, начиная с обработки заготовки и заканчивая финишной обработкой детали;

– перспективы практического применения технологии ИКЭМО;

создана система практических рекомендаций по конструкции и параметрам инструментально-технологической оснастки, выбору рациональных режимов технологии ИКЭМО;

представлены технологические рекомендации по комбинированной электромеханической обработке цилиндрических поверхностей трения, в частности для повышения износостойкости деталей дифференциала – пары трения «сателлит – ось сателлита».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ: результаты получены на современном сертифицированном оборудовании отечественного и зарубежного производства, степень достоверности подтверждается адекватностью математических моделей, построенных с использованием реальных результатов исследований, удовлетворительным совпадением теоретических положений с экспериментальными данными;

теория построена на известных научных положениях технологии

машиностроения и трения и износа в машинах;

идея базируется на анализе и обобщении опыта технологического повышения износостойкости поверхностей трения, научных основах создания комбинированных технологий обработки;

использовано сравнение результатов, полученных автором в ходе теоретических и экспериментальных исследований, с результатами, полученными ранее другими авторами;

установлено, что результаты исследований не противоречат известным данным в области упрочнения методами электромеханической обработки;

использованы современные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований и обработки данных.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии во всех этапах диссертационного исследования: определении актуальности работы, формулировке цели работы, задач, научной новизны, получении исходных данных и проведении научных экспериментов, разработке теоретических положений и апробации результатов исследования, создании экспериментальных установок и инструментально-технологической оснастки, обработке и интерпретации экспериментальных данных, формулировке выводов, подготовке основных публикаций и апробации результатов среди научной общественности.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. По обоснованию актуальности работы.
2. По вкладу соискателя в модель контактного взаимодействия.
3. О необходимости расширения номенклатуры исследуемых материалов изделия.

Соискатель Шевцов М.Ю. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, согласился с замечаниями и привел собственную аргументацию.

На заседании 21.05.2025 диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки,

направленные на повышение износостойкости цилиндрических поверхностей трения, в частности пары трения «сателлит – ось сателлита», на основе получения модифицированного поверхностного слоя имплантированием материалов на основе карбида вольфрама с последующим электромеханическим упрочнением, имеющие существенное значение для развития страны, присудить Шевцову Михаилу Юрьевичу ученую степень кандидата технических наук по специальностям 2.5.6 – Технология машиностроения и 2.5.3 – Трение и износ в машинах.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 9 человек, из них 4 доктора наук по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения, участвовавших в заседании, из 12 человек, входящих в состав совета и дополнительно введенных на разовую защиту 3 докторов наук по специальности 2.5.3 – Трение и износ в машинах, проголосовали: за 12, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель

диссертационного совета 24.2.277.01,

доктор технических наук,

профессор

Киричек Андрей Викторович

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.2.277.01,

доктор технических наук,

доцент

Нагоркин Максим Николаевич

Дата оформления заключения: 21.05.2025 г.

