

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.135.01 (Д 003.038.01),  
созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения  
науки Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения  
Российской академии наук по диссертации на соискание ученой степени  
кандидата (доктора) наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 28.01.2022, № 188

О присуждении Фадину Виктору Вениаминовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Структура и механизмы разрушения поверхностных слоев металлических материалов в экстремальных условиях трения и скользящего токосъема» по специальности 1.3.8. (01.04.07) Физика конденсированного состояния (технические науки) принята к защите 17.09.2021г., протокол №177, диссертационным советом 24.1.135.01 (Д003.038.01) на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН), 634055, г. Томск, пр. Академический, 2/4; приказ Рособнадзора о создании диссертационного совета №1925-1671 от 10.09.2009; приказ об изменении состава диссертационного совета №1153/НК от 30.09.2015; приказ об изменении состава диссертационного совета № 569/НК от 01.07.2019. Последние изменения внесены приказом Минобрнауки №331/НК от 12.04.2021.

Соискатель *Фадин Виктор Вениаминович*, дата рождения 23.10.1951, окончил в 1974 г. Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет» (ТГУ), г. Томск по специальности физика и прикладная математика с присвоением квалификации физик-математик. В 1995 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 Физика твердого тела на тему «Износостойкость композиционных материалов с микро- и макрогетерогенной структурой, полученных методами СВС» в диссертационном совете Д003.61.01 (Институт Физики прочности и материаловедения СО РАН). Диплом кандидата технических наук (КТ №006467) выдан ИФПМ СО РАН 07.04.1995.

В настоящее время Фадин В.В. работает в должности старшего научного сотрудника лаборатории физики упрочнения поверхности. Диссертация выполнена в лаборатории физики упрочнения поверхности ИФПМ СО РАН.

Научный консультант: **Колубаев Александр Викторович** – доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией физики упрочнения поверхности ИФПМ СО РАН.

Официальные оппоненты: *Клименов Василий Александрович* – доктор технических наук, профессор, руководитель отделения материаловедения Инженерной школы новых производственных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»; *Клопотов Анатолий Анатольевич* – доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры

прикладной механики и материаловедения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет»; *Афанасьев Николай Николаевич* - доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией металлических систем отдела структурной макрокинетики Томского научного центра СО РАН – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет»*, в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы», доктором физико-математических наук, профессором *Амосовым Александром Петровичем*, ученым секретарем кафедры, кандидатом технических наук, доцентом *Пугачевой Татьяной Михайловной* и утвержденном первым проректором – проректором по научной работе СамГТУ, профессором, доктором технических наук *Ненашевым Максимом Владимировичем*, указала, что диссертация выполнена на актуальную тему, результаты обладают научной новизной, достоверностью, сделанные выводы вполне обоснованы; подчеркнула теоретическую и практическую значимость результатов; проанализировала структуру и содержание работы; подтвердила соответствие содержания автореферата тексту диссертации, сделала замечания, не затрагивающие основные положения и выводы работы и не снижающие ее высокой оценки; указала, что диссертация соответствует всем требованиям п. II 9 «Положения о присуждении ученых степеней» и является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи по развитию современных представлений о закономерностях формирования структуры поверхности материалов в условиях трения и скользящего токосъема.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим: официальные оппоненты являются признанными специалистами в области физики конденсированного состояния; имеют публикации, близкие к теме диссертационной работы, являются сотрудниками различных организаций и не имеют совместных публикаций с соискателем. Ведущая организация широко известна своими научными достижениями в области физики быстропротекающих процессов и разработке специальных технологий обработки широкого класса материалов. Соискатель и научный консультант соискателя не работают в данной организации и не являются участниками научно-исследовательских работ, ведущихся в этой организации.

Основное содержание диссертационной работы изложено в 47 публикациях, посвященных изучению структуры и свойств поверхностных слоев металлических материалов при трении (26 – в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК, 5 – в изданиях, включенных в библиографические базы цитирований Scopus и Web of Science).

Наиболее значимые работы: 1) А.В. Колубаев, **В.В. Фадин**, В.Е. Панин. Трение и изнашивание композиционных материалов с многоуровневой

демпфирующей структурой // Трение и износ. 1997. Т. 18, № 6. С. 790–797. 2) **В.В. Фадин**, М.И. Алеутдинова, Г.В. Шляхова Износостойкость стальных спеченных композитов в условиях скользящего токосъема // Физическая мезомеханика. 2006. Т. 9. С. 193–196. 3) **В.В. Фадин**, М.И. Алеутдинова. Износостойкость скользящего контакта, содержащего переработанную сталь ШХ15 // Трение и износ. 2008. Т. 29, № 5. С. 524–530. 4) **В.В. Фадин**, М.И. Алеутдинова. Изменение электросопротивления контакта металлический композит-сталь под действием трения и электрического тока // Журнал технической физики. 2010. - Т. 80. №12. С. 95-100; 5) **В.В. Фадин**. Влияние структуры поверхностного слоя материала при нагружении трением и электрическим током // Известия высших учебных заведений. Физика. - 2013. - Т.56. Т4. С. 16-21. 6) М.И. Алеутдинова, **В.В. Фадин**, А.В. Колубаев. Об изнашивании металлических материалов, нагруженных трением скольжения и электрическим током высокой плотности // Письма о материалах. 2014. Т.4 (3). С.149-152. 7) **В.В. Фадин**, М.И. Алеутдинова, А.В. Колубаев. Влияние электрического тока высокой плотности на износ и среднюю температуру трибоконтакта сталь/сталь // Трение и износ. 2018. Т.39. №4. С.24-28. 8) **V.V. Fadin**, M.I. Aleutdinova. Wear resistance of carton steels and structure parameters of their surface layer after high current density sliding // Russian Physics Journal. 2016. - Т.58. № 12. С. 1726-1731.

На автореферат диссертации прислали положительные отзывы: без замечаний: доктор физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной физики, электроники и информационной безопасности ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет» (г. Барнаул) **Поляков В.В.**; доктор техн. наук, профессор, главный научный сотрудник управления научно-исследовательской деятельностью ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (г. Комсомольск-на-Амуре) **Муравьев В.И.**; заслуженный деятель науки РФ, профессор, доктор физ.-мат. наук, профессор кафедры теоретической и экспериментальной физики ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина» (г. Тамбов) **Федоров В.А.**; доктор физ.-мат. наук, профессор кафедры общей и экспериментальной физики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (г. Томск) **Потекаев А.И.**; доктор техн. наук, профессор, академик НАН Беларуси, зав. отделом трибологии ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого» (г. Гомель, Беларусь) **Мышкин Н.К.**;

с замечаниями: доктор физ.-мат. наук, директор НИИ прогрессивных технологий, профессор кафедры «Нанотехнологии, материаловедение и механика» ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет (г. Тольятти) **Мерсон Д.Л.** – «о недостаточном обосновании вывода о причинах возрастания интенсивности изнашивания в разделе 5 текста диссертации»; доктор техн. наук, профессор кафедры материаловедения в машиностроении ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» **Буров В.Г.** – «не выделено отдельным текстом обоснование выбора исследуемых материалов; о затрудненности для анализа представленных

фотографий структур»; доктор физ.- мат. наук, профессор, заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин имени профессора В.М. Финкеля ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (г. Новокузнецк) **Громов В.Е.** и кандидат технических наук **Невский С.А.** – «об отсутствии обоснования выбора никрома в качестве связки; о необходимости применения метода Оже-спектроскопии»; «о схематичности представления зависимостей интенсивности изнашивания и электропроводности; доктор техн. наук, профессор кафедры экспериментальной и технической физики ФГБОУ ВО Ивановский государственный университет (г. Иваново) **Годлевский В.А.** – «об отсутствии раздела по обоснованию выбора материалов для поверхностей трения; об отсутствии исследований пар трения со смазкой; об отсутствии математических моделей; доктор техн. наук, профессор, главный научный сотрудник отдела материаловедения Института физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН (г. Якутск) **Яковлева С.П.** – «о воспроизводимости данных по структуре и свойствам экспериментальных композитов; о необходимости указания метода получения материалов в цели работы; об отсутствии данных по шероховатости материалов; о необходимости отражения свойств полученного композита в выводах работы; доктор техн. наук, профессор, академик НАН Беларуси **Белый А.В.** – «о злоупотреблении термином «экстремальный»; о содержании последнего абзаца на стр.7 автореферата; об использовании термина «низкотемпературный расплав»; доктор техн. наук, директор ИМАШ УрО РАН (г. Екатеринбург) **Швейкин В.П.** и кандидат техн. наук **Каманцев И.С.** – об учете в работе различия коэффициентов расширения; о пригодности закона смесей для расчета коэффициента трения; о возможности формализации оценок условий эксплуатации пар трения.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: разработан** новый способ получения низкопористых матричных композиционных материалов на основе карбида титана с металлической связкой методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Предложенный в диссертационной работе способ дает возможность использования таких композитов в качестве новых токоъемных материалов, износостойких при сухом скольжении с высокой плотностью тока; **доказано**, что присутствие твердых растворов или интерметаллидов в первичной структуре композита вызывает снижение теплопроводности и снижает способность к быстрой релаксации напряжений в поверхностном слое при трении; **введены** новые представления о физических механизмах разрушения поверхности твердых тел при трении, позволяющие прогнозировать поведение материала в тяжелых условиях трения. Показано, что представленные в диссертационной работе новые способы получения износостойких композитов с иерархической структурой могут быть успешно адаптированы для разработки технологий создания пар трения, работающих в экстремальных условиях, включающих токовое воздействие.

**Теоретическая значимость исследований** обоснована тем, что **доказаны** положения, вносящие существенный вклад в понимание закономерностей

контактного взаимодействия пластически деформируемых поверхностных слоев металлических материалов в процессе трения скольжения, в том числе, в условиях воздействия электрического тока. Установленные взаимосвязи исходной иерархически организованной структуры материала и структуры поверхностного слоя, формирующегося в процессе трения, расширяют область современных представлений о физических механизмах разрушения твердого тела при трении. Совокупность полученных данных может быть использована при разработке технологий получения нового класса износостойких композиционных материалов с иерархической структурой; **применительно к проблематике диссертации результативно использован** комплекс экспериментальных методик по исследованию структуры и трибологических свойств исследованных материалов, приближенных к эксплуатационным условиям; **изложены** доказательства успешного применения развитых представлений и разработанных рекомендаций по выбору составов токоъемных материалов и оптимизации существующих технологий получения износостойких материалов; **раскрыты** перспективы использования предложенной технологии для широкого класса материалов; **изучены** связи эффективных механических характеристик новых токоъемных материалов с особенностями структуры материала в зоне трения.

*Значение полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждается тем, что:* разработан способ получения низкопористых матричных композиционных материалов на основе карбида титана с металлической связкой, обеспечивающий возможность их использования в качестве новых токоъемных материалов для работы в условиях сухого скольжения с высокой плотностью тока; **определены** технические условия получения композиционного материала с иерархической структурой для тормозной системы железнодорожных вагонов; **создана** система практических рекомендаций по выбору состава и структуры новых токоъемных материалов для малогабаритных двигателей с высокой мощностью; **представлены** перспективы дальнейшего совершенствования методов получения износостойких композиционных материалов с использованием технологии прессования в волне технологического горения.

*Оценка достоверности результатов исследования выявила, что* экспериментальные результаты получены с применением современных методов исследования на сертифицированном научно-исследовательском оборудовании; **теория построена** на проверяемых и воспроизводимых научных фактах; **идея** базируется на анализе и обобщении современных литературных источников по теме разработки новых функциональных материалов триботехнического назначения; **использовано** сравнение данных работы с результатами исследований других авторов по тематике диссертации; **установлено** качественное совпадение основных авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по структуре и свойствам материалов, полученных с использованием порошковых технологий;

**использованы** современные методики сбора и обработки экспериментальных данных.

*Личный вклад соискателя* состоит в непосредственном участии в получении и обработке исходных данных, анализе литературных источников по теме диссертации, формулировке выводов и положений диссертации, личном участии в апробации результатов исследования, а также написании научных статей по теме работы и подготовке их к опубликованию.

Диссертация соответствует всем критериям Положения о присуждении ученых степеней, установленных для диссертаций на соискание ученой степени доктора наук, и, согласно п. II.9, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи об обосновании физических закономерностей изменения структуры композиционных материалов в условиях высокоэнергетических воздействий трением или трением с токоосъемом, имеющих важное значение для развития физики конденсированного состояния.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: о необходимости объяснения механизма усталостного разрушения, об особенности проявления электропластического эффекта при трении скольжения, о недостатках графического представления результатов. Соискатель Фадин В.В. ответил на заданные ему вопросы и согласился с критическими замечаниями.

На заседании **28.01.2022** года диссертационный совет принял решение - за решение научной задачи получения новых научно обоснованных данных по закономерностям формирования и механизмам разрушения поверхностных слоев металлических материалов в условиях трения и скользящего токоосъема, имеющей существенное значение для разработки технологии получения износостойких материалов, присудить Фадину В.В. ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, дополнительно введенных на разовую защиту - 0 человек, проголосовали: за – 21, против - 1, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель  
диссертационного совета

 Колубаев Евгений Александрович

Ученый секретарь  
диссертационного совета

 Сизова Ольга Владимировна

