

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

44.2.005.01, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (РОСЖЕЛДОР), по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 20.06.2024 № 6

О присуждении Почесу Никите Сергеевичу, Российская Федерация, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение износостойкости резьбы легкосплавных насосно-компрессорных труб формированием МДО-покрытий и применением смазочных материалов» по специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах принята к защите 04.04.2024 г. (протокол заседания № 3) диссертационным советом 44.2.005.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения», РОСЖЕЛДОР, 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2, Приказ Минобрнауки РФ № 227/нк от 14.02.2023, далее – ФГБОУ ВО РГУПС.

Соискатель Почес Никита Сергеевич, 23 сентября 1994 года рождения, в 2016 г. окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» по специальности 15.03.01 «Машиностроение». В 2018 г. с отличием окончил магистратуру ФГБОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина» по направлению 15.04.02 «Технологические машины и оборудование». В 2021 г. окончил очную аспирантуру ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина» по направлению подготовки 15.06.01 – «Машиностроение». В настоящее время работает в должности ассистента на кафедре трибологии и технологий ремонта нефтегазового оборудования ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина».

Диссертация выполнена на кафедре трибологии и технологий ремонта нефтегазового оборудования ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина».

Научный руководитель – Малышев Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры трибологии и технологий ремонта нефтегазового оборудования ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина».

Официальные оппоненты: Поляков Сергей Андреевич – доктор технических наук, профессор кафедры РКЗ «Основы проектирования машин» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (НИУ)» (г. Москва); Хопин Петр Николаевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии производства и эксплуатации двигателей летательных аппаратов ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (НИУ)» (г. Москва) – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук (ИПМех РАН), г. Москва – в своем положительном отзыве, подписанном Солдатенковым Иваном Алексеевичем, доктором физико-математических наук, ведущим научным сотрудником ИПМех РАН, и утвержденном директором ИПМех РАН, чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н. Якушем Сергеем Евгеньевичем, указала, что диссертация Почеса Никиты Сергеевича «Повышение износостойкости резьбы легкосплавных насосно-компрессорных труб формированием МДО-покрытий и применением смазочных материалов» является единолично выполненной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной научно-технической задачи – повышение износостойкости резьбы легкосплавных насосно-компрессорных труб, что отвечает требованиям пп. 9, 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней». В целом диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, отвечает пунктам 7 и 8 паспорта научной специальности 2.5.3 Трение и износ в машинах, а ее автор, Почес Никита Сергеевич, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 14 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 2 работы, в изданиях, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science – 2, также имеется 1 патент РФ на изобретение. Объем опубликованных работ по теме диссертации составляет 9,15 п.л. Авторский вклад – 3,4 п.л.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Почес Н. С. Исследование триботехнических характеристик новых керамополимерных покрытий в экологически безопасных смазочных материалах / Н. С. Почес, В. Н. Малышев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 196–203. – DOI 10.46973/0201–727X_2023_3_196 (изложены научные результаты по обобщению и анализу данных испытаний на трение и изнашивание новых керамо-полимерных МДО-покрытий, получены аналитические зависимости (всего: 0,92 п.л., личный вклад: 0,46 п.л.)).

2. Малышев, В. Н. Исследование трения и изнашивания МДО-покрытий в условиях смазки базовыми маслами / В. Н. Малышев, Н. С. Почес // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2022. – Т.18. – № 5(209). – С. 232-236. – DOI 10.36652/1813-1336-2022-18-5-232-236 (изложены результаты исследований, касающиеся испытаний по оценке влияния добавок частиц различной природы в электролит при микродуговом оксидировании (всего: 0,58 п.л., личный вклад: 0,29 п.л.)).

3. Malyshev, V. N. Tribological tests of micro-arc oxidation coatings in environmentally safe lubricants / V. N. Malyshev, N. S. Poches, N. Dörr // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Krasnoyarsk, 16–18 апреля 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 22066. – DOI 10.1088/1757-899X/862/2/022066 (изложены результаты исследований, касающиеся испытаний по оценке триботехнических

характеристик традиционных МДО-покрытий в экологически безопасных смазочных материалах (всего: 0,81 п.л., личный вклад: 0,27 п.л.)).

4. Tribological performance of micro-arc oxidation coatings with base oils / V. N. Malyshev, O. Y. Elagina, N. S. Poches [et al.] // Tribologie und Schmierungstechnik. – 2018. – Vol.65. – No5. – P. 5-11 (изложены результаты испытаний, касающиеся оценки триботехнических характеристик МДО-покрытий на алюминиевом сплаве Д16 в различных смазочных материалах (всего: 0,82 п.л., личный вклад: 0,162 п.л.)).

5. Патент № 2787330 С1 Российская Федерация, МПК С25D 11/02, С25D 15/00. Способ получения композиционных покрытий на вентильных металлах и их сплавах: № 2022127763: заявл. 26.10.2022: опубл. 09.01.2023 / В. Н. Малышев, Н. С. Почес; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина» (приведены данные, касающиеся разработки технологии формирования керамо-полимерных покрытий с включениями фторопласта методом микродугового оксидирования (всего: 1,39 п.л., личный вклад: 0,46 п.л.)).

В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

– **ведущей организации** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук (ИПМех РАН). Отзыв положительный. Замечания: **1.** Испытания по схеме «шарик-диск» не являются корректным исследованием износостойкости и коэффициента трения для покрытий, используемых для резьбовых соединений. Для резьбы характерен конформный контакт, в то время как для соответствующего испытания – точечный с высокими контактными напряжениями. Однако в свете того, что главным механизмом выхода из строя резьбы легкосплавных насосно-компрессорных труб является задира, испытания «шарик-диск» могут использоваться в качестве сравнительного теста для выбора наиболее стойкого к высоким контактными нагрузкам покрытия и смазочного материала, что и следует отразить в докладе. **2.** В докладе следует уделить больше внимания обоснованию возможности использования стандартных схем трибоиспытаний для лабораторного моделирования трения в резьбовых соединениях. В частности, следовало бы пояснить использование контртела в виде стального шарика, при том, что тема диссертации связана с изучением сопряжения легкосплавных труб. **3.** Технология получения МДО покрытия, содержащего фторопласт, представленная в работе, является важной и актуальной для практического использования в нефте- и газодобыче, её следует описать более подробно, уделив больше внимания структуре покрытия, стендовым испытаниям резьбовых соединений и полученным в ходе работы патентам. Также полезно было бы провести исследования, насколько введение в структуру покрытия фторопласта влияет на прочностные свойства покрытия. **4.** Контактная нагрузка имеет размерность МПа и является отношением нагрузки к размеру пятна контакта, при этом контакт изначально является не Герцевским ввиду наличия более податливой подложки, а при износе шарика

контакт происходит не только по пятну износа, но и по неизношенной части шарика.

– **официального оппонента** – доктора технических наук, профессора кафедры РКЗ «Основы проектирования машин» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (НИУ)» (г. Москва) **Полякова Сергея Андреевича**. Отзыв положительный. Замечания: **1.** Автором в тексте диссертации допущен ряд технических погрешностей. В списке цитируемой литературы встречаются наименования одного и того же источника под разными номерами. Имеется также некоторое количество шероховатостей в оформлении: ряд стилистических неточностей, описок и т.п. **2.** В качестве недостатка работы можно указать на ее сугубо экспериментальный характер, в частности, отсутствие теоретических расчетов, предсказывающих направление исследования, например выбор гетерогенной структуры покрытия, включающей мягкую структурную составляющую.

– **официального оппонента** – доктора технических наук, доцента, профессора кафедры технологии производства и эксплуатации двигателей летательных аппаратов ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (НИУ)» (г. Москва) **Хопина Петра Николаевича**. Отзыв положительный. Замечания: **1.** В разделе «Научные положения, выносимые на защиту» не указаны научные аспекты результатов экспериментальных триботехнических исследований МДО-покрытий в различных схемах трения и научные аспекты результатов металлографического и морфологического анализов. Требуется пояснения научных аспектов указанной в этом разделе «разработанной технологии формирования композиционных антифрикционных керамо-полимерных МДО-покрытий...». **2.** Не проведены испытания на коррозионную стойкость предложенных МДО-покрытий в среде нефтегазовых продуктов и работоспособность в диапазоне рабочих температур от минус 60 до +250 °С. **3.** Возможна ли окончательная обработка МДО-покрытий для обеспечения требуемых параметров посадок в резьбовом соединении согласно ГОСТ 633-80? **4.** На рис. 2.4.4 нет подписей наименований изображённых параметров испытаний. **5.** На рис.2.4.6 масштаб трехмерного изображения дорожки трения слишком мелкий. **6.** При испытании по схеме «штифт - диск» в тексте не указано, производилась ли самоустановка образцов. **7.** Не указано изменение размеров образцов после обработки методом МДО, которые должны обеспечивать заданные посадки. **8.** В методике трибоиспытаний не указан способ и место расположения средств измерения температуры для схемы «шар-диск»; согласно данным табл.3.2.1 температура при больших нагрузках снижается примерно в 2 раза, что требует пояснения.

На автореферат поступило 7 отзывов. Все отзывы положительные.

1. Отзыв доктора технических наук, доцента, профессора кафедры двигателей внутреннего сгорания ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» **Дударевой Натальи Юрьевны**. Замечания: **1.** В исследованиях, описанных в 3 и 4 главах, указывается на то, что образцы из сплавов Д16 и В95 были получены в разных электролитах, которые обозначены, как №1 и №2. При этом информация о свойствах МДО-покрытий, сформированных в этих электролитах, в автореферате отсутствует. В виду того, что именно свойства покрытия определяют

триботехнические показатели, такой подход к описанию исследований не позволяет в полной мере оценить полученные результаты. **2.** Из автореферата не понятно, почему из исследований, приведенных в четвертом разделе главы 3, из рассмотрения исчезает образец из сплава Д16 с МДО-покрытием, полученным в электролите № 2.

2. Отзыв доктора технических наук, доцента, главного научного сотрудника лаборатории Климатической, микробиологической стойкости и пожаро-безопасности материалов Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ) **Лаптева Анатолия Борисовича**. Замечание: в качестве замечания необходимо отметить отсутствие в тексте автореферата исследования коррозионной стойкости сплава В95 и МДО-покрытия на нем в пластовой воде.

3. Отзыв кандидата технических наук, заместителя генерального директора АО «НИИхиммаш», начальника отдела №21 **Харина Петра Алексеевича**. Замечание: следовало бы более подробно изложить результаты, полученные при стендовых испытаниях керамо-полимерных покрытий.

4. Отзыв кандидата технических наук, доцента кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО Пензенский государственный технологический университет» **Чуфистова Олега Евгеньевича**. Замечания: **1.** Не рассмотрено изменение размеров изделий при формировании на них керамических и керамико-полимерных покрытий. **2.** Не приведена информация о возможности повышения износостойкости и антифрикционных свойств резьбовых соединений изделий, изготовленных из отличных от Д16 и В95 сплавов алюминия или магния. **3.** Не указано, какое применение нашли результаты работы в производственной практике.

5. Отзыв кандидата технических наук, и.о. заведующего базовой кафедрой «Нефтегазовое дело» Политехнического института (филиала) ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова» в г. Мирном **Томского Кирилла Олеговича**. Замечания: **1.** Неясно, каким образом создавался режим масляного голодания при испытании по схеме «штифт-диск». **2.** Чем обоснован выбор различных схем трения при испытаниях и соответствуют ли выбранные схемы действительной кинематике движения резьбового соединения? **3.** В чем состоит экологичность примененных масел?

6. Отзыв кандидата технических наук, заведующего лабораторией антикоррозионных и теплоизоляционных покрытий ООО «НИИ Транснефть» **Макаренко Алексея Витальевича**. Замечания: **1.** Из автореферата непонятно, что подразумевается под экологически безопасными смазочными материалами. **2.** Не вполне понятно, по каким критериям был выбран материал контртела при испытаниях пар трения «МДО-сталь». **3.** В автореферате отсутствуют результаты испытаний по схеме «штифт-диск» в условиях капельной подачи смазки.

7. Отзыв доктора технических наук, доцента, профессора кафедры высокоэффективных технологий обработки ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» **Шехтмана Семена**

Романовича. Замечания: **1.** Из текста автореферата неясно, были ли проведены коррозионные испытания сформированных МДО-покрытий, что для изделий нефтегазовой отрасли, несомненно, представляет интерес. **2.** Из текста автореферата неясно какие электролиты используются при проведении исследований (электролит 1 и 2).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается соответствием исследуемых ими научных проблем в области изучения трибологических характеристик различных пар трения и методов снижения износа с темой диссертационного исследования соискателя, что подтверждено наличием публикаций по данной тематике. Выбор ведущей организации обусловлен научными направлениями и разработками ее ученых в области исследования методов снижения фрикционных свойств различных материалов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **разработана** и защищена патентом на изобретение технология формирования керамо-полимерных покрытий на вентильных металлах и их сплавах с включением частиц фторопласта в основной рабочий слой, которая позволяет улучшить их антифрикционные свойства и износостойкость;

– **предложен** нетрадиционный подход, позволяющий повысить износостойкость резьбового соединения легкосплавных насосно-компрессорных труб за счет формирования МДО-покрытия с включениями фтороспласта и применения экологических смазочных материалов;

– **доказана** перспективность использования новой идеи формирования новых керамо-полимерных МДО-покрытий с включением частиц фторопласта для легкосплавных насосно-компрессорных труб из алюминиевых сплавов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– **доказано**, что наибольшее влияние на интенсивность изнашивания керамо-полимерных МДО-покрытий оказывает эффект суммарного тройного взаимодействия значимых факторов: рН-электролита, количество суспензии ПТФЭ и цикличность смены режимов формирования. Смена анодно-катодного и анодного режимов оказывает существенное влияние на получение качественных МДО-покрытий;

– **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** методы планирования эксперимента и регрессионного анализа для выявления значимых факторов при формировании новых керамо-полимерных покрытий; современная инструментальная база, включающая как стандартизированное оборудование – машина трения SRV (испытания по стандарту ASTM G133-02 по схеме «шар-диск»), машина трения оригинальной конструкции РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина (испытания по стандарту ASTM G99-04 по схеме «штифт-диск»), машина трения МТ-393 (испытания по схеме «кольцо-кольцо»), так и специализированное и стендовое оборудование;

– **изложены** научные положения о закономерностях трения пары «МДО-покрытие – сталь» в экологических маслах, заключающихся в комплексном взаимодействии состава МДО-покрытия и смазочной среды;

– **раскрыты** возможности повышения износостойкости в парах «МДО-покрытие-сталь» и снижения величины коэффициента трения в парах трения «МДО-МДО»;

– **изучена** взаимосвязь коэффициента трения и скорости изнашивания от давления на контакте, в результате исследования которой установлены причинно-следственные связи влияния МДО-покрытий на триботехнические характеристики резьбовых соединений насосно-компрессорных труб (НКТ);

– **проведена** модернизация методики формирования МДО-покрытий в электролитах с добавлением частиц фторопласта путем чередования анодно-катодного и анодного режимов микродугового оксидирования.

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

– **разработана и проведены** стендовые испытания технологии формирования антифрикционных керамо-полимерных МДО-покрытий для резьбовых соединений легкосплавных НКТ в ПАО «Газпром нефть» (проект А220003057), а также в учебном процессе ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина» в рамках дисциплин «Триботехническое материаловедение» и «Фрикционное и антифрикционное материаловедение» по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение»;

– **определены** пределы и перспективы практического использования МДО-покрытий в узлах трения;

– **создана** система практических рекомендаций по применению разработанной технологии формирования антифрикционных керамо-полимерных МДО-покрытий для резьбовых соединений НКТ.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– **для экспериментальных работ** достоверность результатов подтверждается удовлетворительной сходимостью полученных расчетных результатов с большим объемом экспериментальных данных и обеспечивается корректным проведением экспериментальных исследований, повторяемостью значений, полученных на 3-5 параллельно выполненных испытаниях, применением стандартизированных средств измерений (прошедших государственную поверку) и обработкой данных в соответствии с классическими положениями математической статистики;

– **теория** позволяет получить аналитические расчетные зависимости с учетом взаимодействия контактирующих поверхностей и классических законов трения;

– **идея базируется** на обобщении и анализе статистических данных по отказам резьбовых соединений насосно-компрессорных труб;

– **использованы** методики формирования МДО-покрытий, базирующиеся на известных принципах и особенностях технологии микродугового оксидирования;

– **установлены** по результатам стендовых испытаний образцов МДО-покрытий легкосплавных НКТ в экологических маслах более высокие триботехнические характеристики, по сравнению с традиционно используемой резьбовой смазкой на минеральной основе РУСМА-1 (ТУ0254-001-46977243-2002);

– **использованы** современные методики сбора и обработки научной информации с применением интернет-ресурсов.

Личный вклад соискателя состоит в самостоятельной разработке методик проведения лабораторных и стендовых испытаний по определению триботехнических характеристик традиционных МДО-покрытий и новых керамо-полимерных покрытий, проведении экспериментальных исследований по измерению триботехнических характеристик выбранных пар трения, анализе полученных результатов, обработке и обобщении, а также в подготовке научных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания:

1. Поясните получение безразмерного коэффициента трения на основе экспоненциальной функции вида $f = Ae^{-Bp}$, где A и B коэффициенты, если параметр p имеет размерность МПа.

2. Поясните несоответствие выражений $y = 0,183e^{-8E-04x}$ в диссертации на С. 90 и $y = 0,183e^{-0,0008x}$ на слайде.

3. При выборе оптимальных режимов формирования керамо-полимерных покрытий чем обусловлен выход некоторых факторов за пределы уровней варьирования?

Соискатель Почес Н.С. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Коэффициент пропорциональности A отражает функции коэффициента трения, в то время как коэффициент B характеризует затухание амплитуды коэффициента трения при изменении давления.

2. Число $-8E-04$ представляет собой запись числа $-0,0008$ в экспоненциальном формате программного комплекса MS EXCEL, таким образом выражения $y = 0,183e^{-8E-04x}$ и $y = 0,183e^{-0,0008x}$ являются одинаковыми.

3. В результате проведения полного факторного эксперимента вида 2^3 , проверки значимости коэффициентов регрессии и адекватности полученной модели проводился поиск оптимальных условий методом крутого восхождения, который показал, что минимальное значение интенсивности изнашивания (целевой функции) находится за пределами интервалов варьирования по X_1 (рН электролита) и X_3 (цикличность изменения режимов АК/А) и соответствует оптимальным значениям параметров формирования керамо-полимерных покрытий.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленных научных задач, обладает внутренним единством, что подтверждается корректной постановкой цели и задач исследований, содержит новые научные результаты, а также свидетельства личного вклада автора в науку. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На заседании «20» июня 2024 года диссертационный совет принял решение за разработанные новые научно обоснованные технические и технологические решения, направленные на повышение износостойкости резьбы легкосплавных насосно-компрессорных труб путем формирования высокоэффективных антифрикционных композиционных фторопластосодержащих МДО-покрытий и применения смазочных материалов, имеющие существенное значение для развития страны и отрасли знаний «Трение, износ, смазка» присудить

Почесу Никите Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 8 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета
44.2.005.01 академик РАН,
д-р техн. наук, профессор


Колесников Владимир Иванович

Ученый секретарь
диссертационного совета 44.2.005.01
д-р техн. наук, профессор


Щербак Петр Николаевич

«20» июня 2024 г.