

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.125.08 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (МАИ)
МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РФ) ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 15.12.2014г. №19

О присуждении Ляховецкому Максиму Александровичу, гражданину РФ ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование износо- и фреттингостойкости оксидов алюминия и циркония, сформированных методом микродугового оксидирования для защиты элементов двигателей и энергоустановок» по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 13.10.2014г. протокол №11 диссертационным советом Д212.125.08 на базе федерального государственного бюджетного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ), 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4, приказы Минобрнауки РФ: о создании диссертационного совета - №2249-1460 от 02.11.2007 г., об изменении состава диссертационного совета №1986-540/1460 от 21.11.2008г., о продлении срока действия диссертационного совета - №1925-601 от 08.09.2009г., о соответствии диссертационного совета Положению о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук - №105/нк от 11.04.2012г., об изменении состава диссертационного совета - №508/нк

от 22.08.2012г., об изменении состава диссертационного совета - №548/нк от 06.10.2014г.

Соискатель – Ляховецкий Максим Александрович, 1988 года рождения, работает ассистентом в федеральном государственном бюджетном учреждении высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ).

В 2011 году соискатель окончил с отличием Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (государственный технический университет)» (МАИ) Федерального агентства по образованию, в 2014г. соискатель окончил очную аспирантуру федерального государственного бюджетного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ).

Диссертация выполнена на кафедре «Производство двигателей летательных аппаратов» федерального государственного бюджетного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ).

Научный руководитель - доктор технических наук, Лесневский Леонид Николаевич, федеральное государственное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ), кафедра «Производство двигателей летательных аппаратов», профессор.

Официальные оппоненты:

Куксенова Лидия Ивановна, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова» Российской академии наук, лаборатория «Методы и технологии упрочнения», заведующая лабораторией,

Эпельфельд Андрей Валериевич, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «МАТИ — Российский государственный технологический университет им. К. Э. Циолковского» Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ), кафедра «Технология производства приборов и информационных систем управления летательных аппаратов», профессор, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Государственный научный центр федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова», г. Москва в своем положительном заключении, подписанном Петуховым Анатолием Николаевичем, доктором технических наук, профессором, начальником сектора «Сопротивление усталости конструкционных материалов и деталей ГТД» и утвержденном Ножницким Юрием Александровичем, доктором технических наук, профессором, заместителем генерального директора ГНЦ ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», указала, что диссертационная работа Ляховецкого Максима Александровича «Исследование износо- и фреттингостойкости оксидов алюминия и циркония, сформированных методом микродугового оксидирования для защиты элементов двигателей и энергоустановок» является законченной научно-обоснованной квалификационной работой в которой на основании проведенного автором исследования изложены технические решения по повышению ресурса и надежности деталей и узлов трения Д и ЭУ, изготавливаемых из алюминиевых и циркониевых сплавов. Выполненные методические разработки имеют существенное значение для использования их при проектировании современных и перспективных Д и ЭУ, имеющих в своем составе керамические детали и детали из алюминиевых и циркониевых сплавов с покрытиями. Эти разработки характеризуются новизной и подтвержденной практической значимостью. По научному уровню полученных результатов, содержанию и оформлению диссертационная работа соответствует требованиям и критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ для диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата наук, а автор диссертации Ляховецкий Максим Александрович заслуживает присуждения ученой

степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Соискатель имеет 23 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 23 работы; опубликованных в рецензируемых научных изданиях, 8 (2,1 п.л.) работ, 15 работ (1,7 п.л.) – тезисы докладов на научных конференциях; 22 работы опубликованы в соавторстве, 1 – самостоятельно.

Краткая характеристика работ: рассмотрены вопросы износостойкости деталей из алюминиевых и циркониевых сплавов при формировании на их поверхности покрытий методом микродугового оксидирования; показана конструкция машины трения и разработанная методика исследования износостойкости материалов; приведены результаты исследования технологических способов формирования композиционных керамических покрытий методом микродугового оксидирования для алюминиевых и циркониевых сплавов, как в традиционно применяемых электролитах, так и в электролитах суспензиях; показана связь между технологическими параметрами процесса микродугового оксидирования и физико-механическими свойствами получаемых композиционных керамических покрытий; найдены регрессионные математические модели процесса формирования покрытий в заданных границах технологических параметров процесса микродугового оксидирования. Представленные в работах результаты получены либо лично автором, либо при непосредственном его участии.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Лесневский Л.Н. Микродуговое оксидирование циркониевых сплавов, используемых в ядерных энергетических установках [Электронный ресурс] / Лесневский Л.Н., Ляховецкий М.А., Тюрин В.Н. // Электронный журнал «Труды МАИ». 2011. Выпуск №43. (07 октября 2014г.). URL: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=24708>
2. Ляховецкий М.А. Применение методов планирования эксперимента в изучении свойств покрытий, полученных методом микродугового оксидирования [Текст] // Научно-технический Вестник Поволжья. 2012. №6, С. 298-302.

3. Борисов А.М. Исследование покрытий на циркониевом сплаве, полученных методом микродугового оксидирования, с использованием спектрометрии Резерфордского и ядерного обратного рассеяния [Текст] / Борисов А.М., Востриков В.Г., Иванова С.В., Куликаускас В.С., Лесневский Л.Н., Ляховецкий М.А., Романовский Е.А., Ткаченко Н.В., Тюрин В.Н., // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2013. №5. С.42-46.
4. Бойцов Б.В. Повышение надёжности алюминиевых пресс-форм путём защиты их от износа и коррозии методом микродугового оксидирования [Текст] / Бойцов Б.В., Лесневский Л.Н., Ляховецкий М.А., Петухов Ю.В., Прусс Е.М., Трошин А.Е., Ушаков А.М. // Проблемы машиностроения и надёжности машин. 2013. №6. С. 45-53
5. Борисов А.М. Исследование формирования защитных покрытий методом микродугового оксидирования с использованием нанопорошков гидроксида Al и Ca [Текст] / Борисов А.М. Востриков В.Г.Иванова С.В. Лесневский Л.Н. , Ляховецкий М.А., Романовский Е.А., Савушкина С.В., Ткаченко Н.В., Тюрин В.Н. // Физика и химия обработки материалов, 2013. №3. С.53-58
6. Borisov A.M. The study of zirconium alloy coatings produced by microarc oxidation using Rutherford and nuclear backscattering spectrometry [Текст] / Borisov A.M., Vostrikov V.G., Ivanova S.V., Kuliskauskas V.S., Lesnevsky L.N., Lyakhovetsky M.A., Romanovsky E.A., Tyurin V.N. // Journal of Surface Investigation, 2013. Volume 7, Issue 3, P. 437-441
7. Boitsov B.V. Improving the Safety of Aluminum Press Molds by Protecting Them from Wear and Corrosion by the Microarc Oxidation Method [Текст] / Boitsov B.V., Lesnevskiy L.N. , Lyakhovetsky M.A., Petuhov Yu.V., Pruss E.M., Troshin A.E., Ushakov A.M. // Journal of Machinery Manufacture and Reliability, 2013. Vol. 42, No. 6, P. 479–485
8. Borisov A.M. Formation of Protective Coatings by Microarc Oxidation Using Aluminum and Calcium Hydroxide Nanopowders [Текст] / Borisov A.M., Vostrikov V.G., Ivanova S.V., Lesnevsky L.N., Lyakhovetsky M.A., Romanovsky E.A., Savushkina S.V., Tkachenko N.V., Tyurin V.N. // Journal of Inorganic Materials: Applied Research, 2014. Vol. 5, No.3, P. 245-249

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Отзыв на диссертацию ведущей организации ГНЦ ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», подписанный Петуховым Анатолием Николаевичем, доктором технических наук, профессором, начальником сектора «Сопротивление усталости конструкционных материалов и деталей ГТД», утвержденный Ножницким Юрием Александровичем, доктором технических наук, профессором, заместителем генерального директора ГНЦ ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова». В отзыве приведены следующие замечания:

1. Полученные в работе результаты экспериментальных исследований и численных оценок не проанализированы с позиции контактной усталости, контактной выносливости;
2. Модель процесса изнашивания при фреттинге предполагает наличие так называемого смешанного режима с вероятностью образования трещин, однако этот режим не нашел подтверждения в экспериментальной части работы;
3. Исследование и анализ пятен и продуктов износа, к сожалению, проведены без использования современных аналитических методов определения состава и структуры.

Отзыв на диссертацию официального оппонента, Куксеновой Лидии Ивановны, доктора технических наук, профессора, зав. лабораторией «Методы и технологии упрочнения» ФГБУН «Института машиноведения им. А.А. Благонравова» РАН. Замечания по диссертационной работе:

1. Известно, что покрытия, полученные методом микродугового оксидирования, имеют существенный недостаток: при их формировании создается внешний пористый слой, который ухудшает эксплуатационные характеристики покрытий, поэтому возможность использования этих покрытий часто бывает связана с необходимостью механической обработки. В то же время известны работы, проводимые под руководством проф. Малышева В.Н., в которых пористость покрытий переводится в разряд достоинств и улучшает триботехнические покрытия путем заполнения порового пространства сверхвысокомолекулярным полиэтиленом, который при трении работает как антифрикционный композиционный материал. Автор диссертации подтвердил

это явление при решении задачи практики путем нанесения твердых смазочных покрытий с MoS₂, хотя механизм влияния этого покрытия иной. К сожалению, явления известного метода «залечивания» пористости МДО-покрытий при разработке методологии исследования не нашло отражения в работе Ляховецкого М.А.

2. Автор использует большое количество разнообразных методик металлофизического исследования покрытий. Из комплекса параметров явно видны характеристики, которые могли бы служить структурными критериями состояния и свойств покрытий; они могли бы органично войти в весь методологический аспект работы. Это свидетельствует о том, что возможности используемой автором приборной техники реализованы далеко не полностью.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Эпельфельда Андрея Валериевича, доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Технология производства приборов и информационных систем управления летательных аппаратов» ФГБОУ ВПО «МАТИ — Российский государственный технологический университет им. К. Э. Циолковского». Замечания по диссертационной работе:

1. Название диссертационной работы кажется не слишком удачным. Все-таки в работе исследовалась износостойкость не оксидов алюминия и циркония как таковых, а МДО-покрытий на алюминиевых и циркониевом сплавах.
2. Часто встречающееся в работе выражение «режимные параметры и составы электролитов» лучше было бы заменить на термин «технологические параметры процесса МДО», что дополнительно включает в себя и продолжительность процесса обработки.
3. Фраза «решить ряд экологических проблем при разработке технологического оборудования» (стр. 7 в диссертации и 3 в автореферате) не находит в работе никакого отражения.
4. Рисунок 1 в автореферате: не раскрыты выноски (в диссертации они раскрыты в тексте).
5. Страница 32: «цепь источника питания МДО содержит силовой повышающий трансформатор и набор конденсаторных батарей», хотя, судя по

асимметричной осциллограмме, приведенной на рисунке 1.4, речь может идти только о конденсаторах, включенных последовательно с нагрузкой в цепь, что обеспечивает эффект удвоения напряжения за счет униполярной проводимости МДО-покрытия в системе металл–оксид–электролит. Было бы правильным привести в работе схему источника питания.

6. Страница 95: «Плотность тока на образец составляла 10 А/дм^2 , ... а время оксидирования устанавливалось для каждого эксперимента из условия равенства количества электричества, проходящего через единицу площади образца, значению 100800 Кл/дм^2 ». Непонятно, зачем такие сложности, если плотность тока постоянна. Если посчитать, то получится, что продолжительность МДО-обработки составляет 168 минут, хотя если количества электричества было бы 108000 Кл/дм^2 , то получилось бы 180 минут, т.е. 3 часа.
7. Рисунок 5.3: по оси ординат, по-видимому, должны быть кг/мм^2 , а не МПа. Некоторые опечатки. Рисунок 1.3 относится к алюминию, а ссылка под ним [103] – к цирконию. Ссылка [74]: «..., полной имплантации, полного легирования ...»; видимо, имеется в виду «...ионной имплантации, ионного легирования...». Страница 33: «К третьей группе электролитов относят H_2PO_4 »; видимо, имеется в виду ортофосфорная кислота H_3PO_4 . Рисунок 2.7 (2 в автореферате): вместо контробразец правильное было бы контртело. Страница 83: «...из нержавеющей стали IX18H9T...». Страница 84: «...через клеммы 3 и 4. сопровождается разложением воды в пар и газ, Перемешивание электролита...». На странице 95-96 (в автореферате стр. 15) путаница в обозначениях: электрическая прочность $U_{\text{пр}}$, В или $U_{\text{бр}}$, В (хотя это пробойное напряжение; электрическая прочность – удельная величина, В/мкм); $H_{\text{ц}}$ или HV ; V_{base} или $V_{\text{осн}}$; $h_{\text{сумм}}$ или h_{Σ} и т.д.; что такое HRT вообще не понятно. Нет значений $t_{\text{сог}}$ в таблице 1 в автореферате.

Все отзывы, поступившие на автореферат положительные.

Отзыв на автореферат Толочко Олега Викторовича, доктора технических наук, профессора ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный

политехнический университет» содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. Отсутствие значений адгезии исследуемых МДО покрытий, т. к. данная характеристика является одной из важнейших для покрытий в целом, особенно при эксплуатации в узлах трения.

Отзыв на автореферат ОАО «ВПК «НПО машиностроение», подписанный Точиловым Л.С. кандидатом технических наук, ученым секретарем НТС, Меркуловым В.А., главным конструктором по направлению и утвержденный Минасбековым Д.А., кандидатом технических наук, Заместителем Генерального конструктора, содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. Соглашаясь с выводом автора о том, что разработанные методики и выполненные исследования позволяют предсказывать износ трущихся тел, хотелось бы, чтобы автор уточнил, каким образом он рассматривает, заявленную в автореферате, возможность расчета ресурса покрытия, что очень важно для оценки ресурса детали с покрытием в составе изделия.

Отзыв на автореферат Мартиросова Давида Суреновича, доктора технических наук, профессора, зам. начальника НИЦ ОАО «НПО Энергомаш им. акад. В.П. Глушко» содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. Автором проводится исследование МДО покрытия лишь на одном режиме его формирования, который выбран на основании измерения значений микротвердости и толщины рабочего слоя, но не дается сравнения с покрытиями, полученными на других режимах.
2. Не доказана связь между микротвердостью и износостойкостью МДО покрытий для подтверждения правильного выбора режима формирования покрытия.

Отзыв на автореферат Резниченко Вячеслава Ивановича, кандидата технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Конструкционные материалы, технологии и охрана труда» ГБОУ «Московская академия рынка труда и информационных технологий» содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. В части способа формирования МДО покрытия на алюминиевом сплаве Д16 приведена таблица 1 автореферата с различными режимами формирования покрытия и соответствующими им физико-химическими и механическими характеристиками. При этом в последнем столбце присутствует переменная $t_{\text{сорт}}$, расшифровка которого не приведена, а, кроме того, в таблице отсутствуют её значения.
2. Также ввиду важности такой характеристики для покрытий как адгезия, особенно для покрытий предотвращающих износ деталей, хотелось бы видеть значения этой характеристики.

Отзыв на автореферат Ивановой Светланы Владимировны, кандидата технических наук, главного специалиста Института промышленных ядерных технологий НИЯУ МИФИ содержит следующее замечание по содержанию работы:

1. Автором приводится выражение энергетического коэффициента объемного износа (α , $\text{мм}^3/\text{Дж}$), позволяющее оценивать ресурс покрытия, но не дан хотя бы его приблизительный расчет. Кроме того, в тексте автореферата найдены немногочисленные опiski.

Отзыв на автореферат Ильинковой Татьяны Александровны, доктора технических наук, профессора кафедры «Материаловедение, сварка и производственная безопасность» ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ» замечаний по содержанию работы не содержит.

Отзыв на автореферат Ракоча Александра Григорьевича, доктора химических наук, профессора кафедры «Защита металлов и технологий поверхности» ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»» содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. Диссертант уделил недостаточное внимание механизму формирования покрытий методом МДО на циркониевом сплаве при использовании различных электролитов
2. Не исследовал длительность работоспособности электролитов при введении в них нанопорошков. Очевидно, что длительность работоспособности таких

электролитов будет очень низкой, а, следовательно, вводить их в электролит не имеет смысла.

3. Диссертант использует термин «МДО покрытия». МДО – микродуговое окисление. Это – процесс или метод, но не покрытие.

Отзыв на автореферат ОАО «ММП имени В.В. Чернышева», подписанный Громовым А.Н., заместителем управляющего директора – техническим директором содержит следующее замечание по содержанию работы:

1. Отсутствует экономическая оценка внедрения новой технологии.

Отзыв на автореферат ФГБОУ ВПО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева», подписанный Ремизовым А.Е., доктором технических наук, профессором каф. «Авиационные двигатели», Шатульским А.А. доктором технических наук, профессором, проректором по УВР, содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. В автореферате не указан метод получения регрессионных математических уравнений, приведенных на стр. 15-16, и не приведена оценка их на адекватность.
2. Из текста автореферата непонятно как автором оценивались адгезионные и когезионные свойства покрытий.
3. К сожалению, в тексте автореферата приведена только одна фотография структуры покрытия на поперечном шлифе, на которой не указано увеличение, что затрудняет анализ протекающих процессов.

Отзыв на автореферат Москвичева Александра Викторовича, кандидата технических наук, старшего преподавателя 73 кафедры авиационных двигателей Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. В работе приводится исследование износостойкости только оптимального МДО покрытия.
2. Автор не указывает связь между модельным контактом, используемом в исследованиях на износостойкость, и реальными, имеющимися в Д и ЭУ.

Отзыв на автореферат Зимина Александра Михайловича, доктора технических наук, профессора кафедры «Плазменные энергетические установки» ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана» содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. В автореферате не приведены оценки погрешностей применяемых для анализа свойств покрытий методов (с. 13-14 автореферата).
2. Отсутствует анализ значимости взаимного влияния факторов, выбранных для построения регрессионных моделей процессов (с. 15-16).

Отзыв на автореферат ОАО «Климов», подписанный А.А. Живушкиным, ведущим специалистом службы главного металлурга, Е.В. Скворцовым, главным металлургом, А.А. Захаровым, техническим директором, А.В. Григорьевым, генеральным конструктором, содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. В автореферате диссертации не отражен фрактографический анализ изломов разрушений МДО покрытий, по которому можно судить о характере циклического нагружения при фреттинг-износе и износе, а металлографический анализ ограничивается единственной (рис. 8) фотографией поперечного шлифа покрытия.
2. В автореферате упоминается о хорошей коррозионной стойкости тонких (менее 10 мкм) покрытий и их низком сопротивлении износу. Не ясно, для каких сплавов и какой должна быть оптимальная толщина МДО покрытий в реальных условиях эксплуатации.
3. Вызывают сомнения методы коррозионных испытаний, выбранные автором — стандартный для алюминиевых сплавов экспресс метод — по визуальному наблюдению за изменением цвета капли при воздействии на покрытие раствора $\text{HCl} + \text{K}_2\text{CrO}_4$ и метод автоклавных испытаний в ИПЯТ НИЯУ МИФИ для циркониевых сплавов с МДО покрытиями. Не ясно, насколько результаты испытаний выбранным автором методами соотносятся с результатами испытаний при использовании рекомендуемых отраслевых методик (ИМАШ РАН, ВИАМ, ЦИАМ, НИАТ и др.)

Отзыв на автореферат Шандрова Б.В., кандидата технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Технология машиностроения» ФГБОУ ВПО «Московский государственный машиностроительный институт (МАМИ)» (Университет машиностроения), содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. В автореферате не представлены графические и схематические изображения сущности метода МДО, которые позволили бы более полно понять и оценить процессы, происходящие на атомарном и молекулярном уровнях при формировании керамикоподобных износостойких МДО-покрытий;
2. Известно, что наряду с алюминиевыми и циркониевыми сплавами в двигателе- и энергомашиностроении широко используются также титановые сплавы, автор не рассматривает в своей работе возможность их упрочнения методом МДО;
3. Недостаточно четко указывается, в каких конкретно парах трения ДЛА и ЭУ могут быть использованы результаты исследований износа по схемам «шар-плоскость», «цилиндр-цилиндр».

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в отрасли науки, к которым относится диссертационная работа, наличием публикаций по тематике исследования и согласием на оппонирование. Ведущая организация выбрана в соответствии с её широко известными достижениями в двигателестроительных отраслях науки, способностью определить научную и практическую ценность диссертации. Ведущей организацией предоставлен отзыв на диссертацию.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложен нетрадиционный подход к изучению процесса износа и фреттинг-износа композиционных керамических покрытий, полученных методом микродугового оксидирования, основанный на регистрации механического гистерезиса исследуемых материалов в условиях вибрационного контакта,

доказано наличие закономерности перехода к разрушению материала покрытия по механизму растрескивания от значений нормальной нагрузки и перемещения, а

также наличие зоны равномерного износа материала покрытия с постоянной скоростью, зависящей от значения энергетического коэффициента износа данного покрытия, рассчитываемого экспериментально.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана эффективность применения методики построения карт износа и фреттинг-износа применительно к композиционным керамическим покрытиям, полученным методом микродугового оксидирования,

изучены взаимосвязи параметров технологического процесса с физико-механическими и эксплуатационными свойствами МДО покрытий на алюминиевых и циркониевых сплавах, а также получены регрессионные математические модели.

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

разработаны и внедрены:

опытный технологический процесс и оптимальные режимы формирования керамического покрытия на образцах из алюминиевого сплава АК4-1, и его эксплуатационные характеристики, использованные для защиты от износа и фреттинг-износа детали (стакана подшипника) блока насосов двигателя РД-33 серии 4 (ОАО «ММП им. В.В. Чернышева»);

результаты сравнительных испытаний износостойкости материалов пары трения: сталь ШХ15 и алюминиевый сплав АК4-1 с МДО покрытием и без в условиях возвратно-поступательного движения в среде различных масел, используемых в агрегатах масляной системы двигателей АЛ31Ф и АЛ41Ф (Филиал ОАО УМПО «Опытное конструкторское бюро им. А.Люлька»);

опытные технологические процессы формирования МДО покрытий, результаты анализа и методики построения карт износа и фреттинг-износа алюминиевых сплавов с Д16 и АК4-1 для использования в опытно-конструкторских разработках свободно-поршневых двигателей комбинированных энергоустановок и энергоустановок на основе поршневых двигателей Стирлинга (НТЦ «Силовые агрегаты» МГМУ МАМИ);

опытный технологический процесс и рекомендации по формированию оксидных покрытий методом МДО, на образцах из циркониевого сплава для целенаправленного формирования диоксида циркония заданного фазового состава с преобладанием тетрагональной фазы (НПЦ «Трибоника»);

опытные технологические процессы формирования комбинированных МДО покрытий на циркониевом сплаве, их физико-технические и эксплуатационные характеристики для узлов трения космической энергетической установки (ФГУП «Красная Звезда»);

обоснование выбора метода МДО для защиты от коррозии и фреттинг-износа элементов ядерных энергоустановок, изготавливаемых из циркониевых сплавов, состав многокомпонентного электролита и режимы опытных технологических процессов: в два раза повысивших коррозионную стойкость циркониевого сплава и позволяющих получить диоксиды циркония заданного фазового состава, а также результаты по их фреттинг-изнашиванию (Институт промышленных ядерных технологий НИЯУ МИФИ);

в соавторстве новая рабочая программа дисциплины «Технология производства энергетических установок летательных аппаратов», лекции и лабораторная работа, посвящённая методам формирования трибологических поверхностей с использованием оборудования и процессу МДО (НИУ МАИ).

методика исследования износо- и фреттингостойкости композиционных керамических материалов на примере покрытия, сформированного методом микродугового оксидирования (НИУ МАИ).

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с применением поверенных средств измерения, а также статистических методов, подтверждающих адекватность полученных регрессионных математических моделей;

теория основана на известных проверяемых данных в части технологических принципов формирования качественных композиционных керамических покрытий методом микродугового оксидирования, а также механизмов разрушения керамических материалов при их изнашивании;

установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами независимых источников по механизмам изнашивания керамических материалов.

Личный вклад соискателя состоит в:

проведении поисковых и оптимизационных экспериментов для формирования покрытий методом микродугового оксидирования на алюминиевых и циркониевых сплавах, разработке математических моделей формирования покрытий с заданными физико-механическими свойствами, доработке оборудования и технологической оснастки для модернизации технологической установки микродугового оксидирования,

разработке экспериментального оборудования для исследования процессов изнашивания при вибрационном контакте, оснащении и наладке оборудования, получении, обработке и интерпретации результатов экспериментальных исследований. Представленные в диссертационной работе результаты получены при непосредственном участии автора работы, результаты работы докладывались и обсуждались на российских и международных конференциях.

На заседании 15.12.2014г. диссертационный совет принял решение присудить Ляховецкому М.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человек, из них 9 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании: за - 21, против – нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель

диссертационного совета

Равикович Юрий Александрович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Зуев Юрий Владимирович

