

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.06

Соискатель: Николаев Илья Алексеевич

Тема диссертации: Повышение фреттингостойкости элементов двигателей летательных аппаратов и энергетических установок с использованием твердых смазочных покрытий

Специальность: 2.5.15. — «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации.

На заседании 27 декабря 2022 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, приведенным в "Положении о присуждении ученых степеней", утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Николаеву Илье Алексеевичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета Равикович Ю.А., ученый секретарь диссертационного совета Краев В.М., члены диссертационного совета: Агульник А.Б., Абашев В.М., Демидов А.С., Кочетков Ю.М., Лесневский Л.Н., Марчуков Е.Ю., Молчанов А.М., Мякочин А.С., Надирадзе А.Б., Назаренко И.П., Ненарокомов А.В., Никитин П.В., Попов Г.А., Силуянова М.В., Тимушев С.Ф., Хартов С.А.

Ученый секретарь диссертационного совета

24.2.327.06, д.т.н., доцент

Краев В.М.

Начальник отдела УДС МАИ
Т.А. Анкина



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.06,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 27.12.2022 г. № 28

О присуждении Николаеву Илье Алексеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение фреттингостойкости элементов двигателей летательных аппаратов и энергетических установок с использованием твердых смазочных покрытий» по специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 21.10.2022 г., (протокол заседания № 11) диссертационным советом 24.2.327.06, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации; 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4; приказ Минобрнауки РФ о создании диссертационного совета – № 669/нк от 24.06.2022 г.

Соискатель Николаев Илья Алексеевич 03.09.1994 года рождения, работает старшим преподавателем в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В 2016 г. окончил бакалавриат федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский

университет)». В 2018 г. окончил магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

В 2022 г. окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена на кафедре 205 «Технология производства двигателей летательных аппаратов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Лесневский Леонид Николаевич, д.т.н., профессор кафедры 205 «Технология производства двигателей летательных аппаратов» Московского авиационного института.

Официальные оппоненты:

Самойленко Василий Михайлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Авиатопливообеспечения и ремонта летательных аппаратов» Московского государственного технического университета гражданской авиации,

Климов Вадим Геннадьевич, кандидат технических наук, руководитель департамента продаж двигателей боевой авиации АО «Объединенная двигателестроительная корпорация»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное автономное учреждение «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном кандидатом технических наук, начальником отделения 200 «Динамика и прочность» Серветником Антоном Николаевичем, начальником сектора 20301 «Усталостная прочность» Шмбаевым Сергеем Александровичем и утвержденном Ножницким Юрием Александровичем, доктором технических наук, заместителем генерального директора, директором исследовательского

центра «Динамика, прочность, надежность» ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», указала, что диссертация Николаева Ильи Алексеевича является самостоятельной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком уровне в которой на основании проведенного автором исследования изложены технические решения по повышению ресурса и надежности деталей и узлов трения двигателей летательных аппаратов (ДЛА) и энергетических установок (ЭУ), изготавливаемых из титановых, алюминиевых и нержавеющей сталей. Выполненные методические разработки имеют существенное значение при проектировании современных и перспективных ДЛА и ЭУ, имеющих в своем составе керамические детали и детали из титановых, алюминиевых сплавов и нержавеющей сталей. Эти разработки характеризуются новизной и подтвержденной практической значимостью. Материал диссертации изложен логично, последовательно и аргументировано. Публикации автора в полном объеме отражают содержание, выводы и результаты работы. Диссертация отвечает всем требованиям положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор Николаев Илья Алексеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. - «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Соискатель имеет 29 опубликованных работ. Из них 7 по теме диссертации, общим объемом 3.6 п.л., 4 из которых - в рецензируемых научных изданиях списка ВАК и изданиях, приравненных к ним. Все работы написаны в соавторстве.

Данные публикации посвящены вопросу исследования и выбору твердых смазочных покрытий для защиты элементов ДЛА и ЭУ от износа и фреттинг-износа.

Авторский вклад соискателя состоит в рассмотрении вопросов износостойкости и фреттингостойкости деталей из титановых, нержавеющей сталей и алюминиевых сплавов, керамических материалов при формировании на их поверхности твердых смазочных покрытий, полученных различными плазменными методами; в разработке методики выбора твердых смазочных покрытий (ТСП), стойких к фреттинг-изнашиванию, основанной на получении

и анализе петель фреттинг-гистерезиса и разработке рекомендаций по применению новых технических решений для защиты от износа и фреттинг-износа элементов двигателей летательных аппаратов и энергетических установок.

В диссертации отсутствуют достоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые работы соискателя:

1. Lozovan A., Betsofen S., Lyakhovetskiy M., Pavlov Yu., Grushin I., Kubatina E., Nikolaev I. Structure and Properties of TiN–Pb Composite Coatings Deposited on VT6 Alloy Magnetron Sputtering DC // Russ. J. Non-ferrous Metals. 2021. V. 62. № 5. pp. 554–560 DOI: 10.3103/S1067821221050072
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020667087. Программное обеспечение для определения трибологических характеристик пар трения автоматизированного испытательного стенда «Машина трения 1401»/ М.А. Ляховецкий, Д.А. Петриченко, Д.Д. Королев, И.А. Николаев Заявка №2020667087. Дата поступления 10 декабря 2020 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 21 декабря 2020 г.
3. Лесневский Л.Н., Ляховецкий М.А., Николаев И.А., Волосова М.А. Трибология многослойных композиционных твердых смазочных покрытий на сиалоне для использования их в узлах трения ГТД // Вестник УГАТУ. 2022. Т. 26. №. 2 (96). С. 13-23.
4. Лесневский Л.Н., Николаев И.А., Ушаков А.М. Разработка и исследование твердых смазочных покрытий систем TiN и TiN-Pb для защиты от износа и фреттинг-износа элементов турбонасосного агрегата ЖРД // Вестник УГАТУ. 2022. Т.26. №. 3 (96). С.66-77.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы (все отзывы положительные).

Отзыв на диссертацию ведущей организации – федерального автономного учреждения «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова» содержит замечания:

1. В работе не указана связь между модельным контактом, используемом в исследованиях, и реальным, имеющимся в ДЛА и ЭУ.

2. В работе используется большое количество методик металлофизических исследования покрытий, однако возможности используемой приборной техники реализованы не полностью на некоторых покрытиях: отсутствуют значения адгезии исследуемых покрытий, отсутствуют значения твердости керамикоподобных покрытий и покрытий, полученных плазменным напылением.

3. Используемый в работе энергетический подход для прогнозирования изнашивания предлагается использовать для режима полного скольжения и возвратно-поступательного скольжения, однако автором не объяснено, почему данный подход не может быть применен в области частичного и смешанного режима.

4. Проводимые при частоте ~ 20 Гц сравнительные испытания на образцах характеризуют скорее поведение контакта в режиме малоциклового усталости. Нет ясности, как результаты таких испытаний могут быть применены при контактном взаимодействии на частотах, характерных для колебаний лопаток газотурбинных двигателей (500...15000 Гц).

5. Недостаточно полно в работе изложены технологические параметры, оказывающие влияние на фреттинг.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Самойленко В.М., доктора технических наук, профессора содержит замечания:

1. Не указывается, в каких конкретных парах трения ДЛА и ЭУ могут быть использованы результаты износа по схемам «шар-плоскость», «цилиндр-цилиндр».

2. Проведенные исследования и разработанная автором методика показывает, что величину износа трущихся тел можно прогнозировать, а поскольку величина износа покрытия зависит от множества параметров эксперимента (амплитуда, форма контртела, нагрузки, частота, количество циклов), то в дальнейшем хотелось бы видеть расчет ресурса покрытия, что крайне важно для оценки ресурса детали с покрытием в составе изделия.

3. В разделе 5.1 говорится, что втулки поворотных направляющих аппаратов подвержены износу, однако причины выхода из строя данных деталей не обсуждаются в работе.

4. Диссертант использует термин «МДО покрытия», МДО-микродуговое оксидирование. Это процесс или метод, но не покрытие.

5. В диссертации, раздел 5.1, имеются опечатки в нумерации рисунков. Рисунок 5.10 является рисунком 5.8, рисунок 5.11 является рисунком 5.8, однако общая нумерация рисунков не нарушена, имеются опечатки и в тексте диссертации.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Климова В.Г., кандидата технических наук содержит замечания:

1. Пункт научной новизны, а именно «работоспособность и фреттингостойкость разработанных ТСП подтверждена на практике» не относится к научной новизне. Данный пункт целесообразно переместить в практическую значимость.
2. Необходимо уточнить цель применения керамикоподобных покрытий в защите резьбовых соединений деталей в системе обеспечения теплового режима космических аппаратов вместо классических смазок.
3. Отсутствуют значения адгезии исследуемых покрытий, как одна из основных характеристик подобных материалов при эксплуатации в узлах трения.
4. В работе не совсем четко представлена последовательность центральной линии исследований.
5. Для более полной оценки преимуществ предлагаемых покрытий было бы целесообразно представить сравнительный анализ результатов применения в том числе прочих классических распространенных методов из текущего производства (серебрение и пр.).
6. В тексте работы встречаются стилистические и грамматические неточности.

Отзыв на автореферат диссертации от сотрудников федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет» Смыслова А.М., д.т.н., профессора, профессора кафедры «Технология машиностроения», Селиванова К.С., к.т.н., доцента кафедры «Технология машиностроения» содержит замечание:

Из текста автореферата не понятны требования к выбору покрытий для повышения фреттинг-стойкости обработанных деталей. Возможно, должны быть сформулированы какие-то формальные критерии выбора материалов, толщин покрытий и методов их контроля, как это изложено в публикациях

соискателя применительно к твердым смазочным покрытиям систем TiN и TiN-Pb.

Отзыв на автореферат диссертации от сотрудников ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», **Мигранова М.Ш.**, д.т.н., профессора, профессора кафедры «Высокоэффективные технологии обработки», **Волосовой М.В.**, к.т.н., доцента, доцента кафедры «Высокоэффективные технологии обработки» содержит замечания:

1. Диссертант в ограниченный объем реферата попытался включить большую часть материала диссертационного исследования. Вследствие этого автореферат местами перегружен излишней информацией и трудночитаем. Например, автором представлены иллюстрации со схемами используемых для экспериментов машин трения (рис. 4 и 5 автореферата), которыми можно было пренебречь. При этом наиболее интересные данные по результатам трибологических испытаний на указанных машинах трения (сравнительные данные о значениях коэффициентов трения различных твердосмазочных покрытий) автором в автореферате не представлены.

2. На стр. 20 автореферата указано, что «применение толстослойного покрытия МАИ (Ni[Cg]+MoS₂) позволило значительно снизить величину износа в 25! раз». Если это не является опечаткой, то это серьезный результат и хотелось бы глубже понять, как выполнялся этот сравнительный анализ, с какой базой сравнивалось предлагаемое покрытие и идентичны ли были условия испытаний. Кроме того, хотелось бы иметь информацию о стойкости образцов с покрытием (Ni[Cg]+MoS₂) при принятом критерии отказа в сравнении с базовым вариантом.

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «УЗГА», составленный **Нигматзяновым В.В.**, к.т.н., ведущим инженером-конструктором бригады силовых установок маршевых газотурбинных двигателей (ГТД) отдела интеграции авиационных газотурбинных двигателей Дивизиона Инженерный центр, и утвержденный **Осыковым Н.М.**, директором инженерного центра, главным конструктором, заместителем генерального директора, содержит замечания:

1. Автором рассматриваются преимущественно твердые смазочные покрытия и не показано сравнение используемых в работе покрытий с

традиционными методами, используемыми на предприятиях для борьбы с фреттингом.

2. В работе не описан технологический процесс нанесения твердосмазочных покрытий в опытном или серийном производстве деталей ДЛА и ЭУ на имеющихся мощностях двигателестроительных предприятий.

Отзыв на автореферат диссертации открытого акционерного общества «ОКБ Сухой», составленный Пудовкиным И.Ю., начальником отдела силовых установок и утвержденный Стрельцом М.Ю., первым заместителем управляющего директора – директором ОКБ, содержит замечание:

Трибологические эксперименты, результаты которых представлены в данной работе, проведены в условиях лаборатории (температура 23 °С, относительная влажность 30%), что значительно отличается от условий эксплуатации функциональных твердосмазочных покрытий в энергетических установках. К таким отличиям, прежде всего, следует отнести высокие температуры и особенности химического состава среды. В автореферате не представлено оценки погрешности, связанной с интерпретацией и переносом функциональных свойств исследуемых покрытий, полученных в процессе испытаний на машине трения на прогнозную оценку ресурса фрикционной пары защищаемого узла.

Отзыв на автореферат диссертации, составленный Торской Е.В., д.ф.-м.н., профессором, ведущим научным сотрудником лаборатории трибологии федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского» Российской академии наук, содержит следующие замечания:

1. На стр.7 автореферата приведен закон Амонтона-Кулона $q(r)=\mu \cdot p(r)$ действительный только применительно к трению скольжения, но не к трению покоя. Там же функция $q(r)$ названа силой, в то время как это касательные напряжения, измеряемые в Паскалях.

2. В автореферате имеются множественные опечатки и пунктуационные ошибки, например, на стр. 14, 16, 17 автореферата.

Отзыв на автореферат диссертации, составленный Ершовой Н.И., к.т.н., ученым секретарем АО «ОНПП «Технология» им. А.Г.Ромашина», содержит следующие замечания:

1. В автореферате приводится общее описание методов нанесения покрытий, при этом не обоснован выбор материала покрытий, кроме упоминания, «традиционно используемые». Целесообразно было бы, вместе с описанием методов и оборудования, представить и используемые в работе материалы. В тексте они откуда-то появляются уже в описании эксперимента.

2. В Заключение 2 раза указано, что получены результаты: «В процессе работы получены следующие результаты:» - далее идут пп. 1,2. Далее п. 3 начинается «Проведенные исследования позволили получить следующие новые результаты:...».

Отзыв на автореферат диссертации, составленный Макаровым В.В., к.т.н., начальником лаборатории экспериментальных исследований прочности оборудования АЭС экспериментально-конструкторского отдела исследований напряжений и технической диагностики опытного конструкторского бюро АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», содержит следующее замечание:

В работе не рассмотрены значения микротвердости покрытий, полученных методом МДО, и покрытий, полученных плазменным напылением в атмосфере.

Отзыв на автореферат диссертации от сотрудников федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, Саламандры К.Б., д.т.н., профессора, ведущего научного сотрудника лаборатории вибротехнических систем отдела «Механика машин и управления машинами», **Прожеги М.В.,** к.т.н., ведущего научного сотрудника лаборатории исследования износа при граничной смазке отдела «Трение, износ, смазка. Трибология», содержит замечания:

1. Все выполненные автором лабораторные эксперименты проведены при нормальных условиях. При этом в автореферате не даны оценки того, как могут измениться полученные результаты в условиях реальной эксплуатации двигателей летательных аппаратов и энергетических установок.

2. В работе не представлено исследование влияния температуры на фреттингостойкость покрытий. Многие из исследуемых материалов имеют ограничения по температуре. Их применение в деталях газотурбинных

двигателей, турбонасосных агрегатов газотурбинных двигателей необходимо дополнительно обосновать с точки зрения температуростойкости.

3. Задача повышения фреттингостойкости не локализована, т.е. не выбран какой-то конкретный узел трения, условия работы которого моделируются при экспериментальных исследованиях. Каждый из перечисленных в работе имеют свою специфику: величину контактных давлений, частоту перемещений, температуру, скорость и т.д.

Отзыв на автореферат диссертации, составленный Ивановой С.В., к.ф.-м.н., главным специалистом Института промышленных ядерных технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ" содержит замечания:

1. Отсутствует такой важный параметр как адгезия покрытия.
2. Возможности перечисленного оборудования для определения свойств покрытий использованы не в полной мере на каждом из покрытий: не измерена микротвердость керамикоподобного покрытия и покрытий, полученных плазменным напылением в атмосфере.

Отзыв на автореферат диссертации, составленный Семеновым А.Н., д.т.н., профессором кафедры Технология авиационных двигателей и общего машиностроения ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П. А. Соловьева» содержит замечание:

Для достижения более достоверных результатов экспериментов по выбору способов повышения фреттингостойкости конкретных узлов целесообразно было более тщательно моделировать условия проведения экспериментов по температуре, характеру нагружения, по амплитудно-частотным характеристикам и длительности испытаний.

Отзыв на автореферат диссертации от ПАО «ОДК-УМПО», составленный Гумеровым А.В., и.о. начальника отдела 20 ОКБ «Мотор», Буцким Н.А., главным конструктором ОКБ «Мотор», Кузьминым С.В., заместителем генерального конструктора-директором ОКБ «Мотор», и утвержденным Семивеличенко Е.А., управляющим директором ПАО «ОДК-УМПО», не содержит замечания.

Отзыв на автореферат диссертации, составленный Брыкиным Б.В.,

к.т.н., ведущим конструктором отдела Перспективных разработок ОКБ им. А. Люльки — филиала ПАО «ОДК- УМПО» содержит замечания:

1. Не проведена корреляция режимов испытаний с нагрузками в парах трения, которые возникают в процессе эксплуатации ГТД.

2. При проведении экспериментов не воссоздавались температурные режимы эксплуатации ГТД.

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества от ТМКБ «Союз», составленный Петренко В.М., к.т.н., ведущим научным сотрудником научно-исследовательского отдела, Подлевским А.П., к.т.н., ведущим научным сотрудником конструкторского бюро и утвержденным Костенко И.И., первым заместителем генерального директора, главным конструктором ТМКБ, содержит замечания:

1. На стр. 7 автореферата автор указывает, что «Фреттинг может привести к образованию усталостных трещин в зоне трения...», но при этом не понятно: проводилась ли оценка показателей надежности элементов и узлов ДЛА и ЭУ отдельно и в составе изделия?

2. На стр. 18 на рисунке 13 — Методика выбора ТСП, стойких к фреттинг-изнашиванию, для условия «Разработка альтернативного ТСП», — отсутствует вариант ответа для условия «Да».

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в отрасли науки, к которой относится диссертационная работа Николаева И.А., что подтверждается их научными публикациями в данной области.

Выбор Самойленко В.М., доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Авиатопливообеспечения и ремонта летательных аппаратов» федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» в качестве официального оппонента обосновывается его широкой компетентностью в области исследования покрытий и их ресурса, и применения покрытий на элементах ДЛА и ЭУ, что подтверждается многочисленными публикациями, среди которых 2 монографии и 2 патента.

Выбор Климова В.Г., кандидата технических наук, руководителя департамента продаж двигателей боевой авиации акционерного общества «Объединенная двигателестроительная корпорация» обосновывается его

большим опытом в области модифицирования поверхностей элементов ДЛА и ЭУ для защиты от износа, что подтверждается многочисленными публикациями в рецензируемых журналах.

Ведущая организация выбрана в соответствии с тем, что она широко известна в двигателестроительной области и ведёт научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке двигателей новых поколений. Специалисты ведущей организации, в том числе составившие отзыв на диссертацию, обладают опытом изучения процессов, протекающих в ГТД. Это позволяет им оценить актуальность, научную новизну и практическую ценность результатов диссертации, а также оценить рекомендации по практическому использованию полученных в работе результатов для предприятий отрасли, занимающихся конструированием и производством ГТД.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- предложен и реализован на практике комплексный подход к изучению процесса фреттинг-изнашивания твердых смазочных покрытий, полученных различными плазменными методами, основанный на анализе экспериментально-получаемых петель гистерезиса;
- обоснован выбор твердых смазочных покрытий, стойких к фреттинг-изнашиванию;
- сформулированы рекомендации по применению новых технических решений, подтвержденных результатами выполненных НИР и актами об их использовании.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что с использованием развитого энергетического подхода, карт фреттинга, значений коэффициентов и индексов скольжения разработана методика определения преобладающих механизмов взаимодействия трущихся тел с ТСП, работающих в условиях фреттинг-изнашивания.

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

- результаты сравнительных испытаний и подбора износостойких материалов сплавов и покрытий для повышения ресурса поворотного узла 1-й ступени направляющего аппарата компрессора низкого давления;

- опытный технологический процесс и результаты применения керамикоподобных покрытий, полученных микродуговым оксидированием на резьбовых поверхностях сплава АМг-6 гидравлических разъемов элементов системы обеспечения теплового режима космического аппарата, предотвращающих их заедание (схватывание) в условиях эксплуатации.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- результаты экспериментальных исследований подтверждаются корректным использованием методов математической статистики;
- для экспериментальных работ результаты подтверждаются использованием аттестованного оборудования и апробированных методик проведения испытаний;
- совпадение авторских результатов с результатами других авторов.

Личный вклад соискателя состоит в:

- разработке методики определения механизмов взаимодействия трущихся тел с использованием петель гистерезиса, оценки энергий диссипации и связи этих механизмов с коэффициентом и индексом скольжения;
- получении и анализе карт фреттинга применительно к сплавам, используемым в двигателях летательных аппаратов и энергетических установках с твердыми смазочными покрытиями для выбранных условий эксплуатации;
- в модернизации специализированных машин трения, постановке и проведении всех экспериментальных исследований фреттингостойкости твердых смазочных покрытий, в обработке и анализе полученных экспериментальных данных.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний, которые ставили бы под сомнение обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизну.

На заседании 27 декабря 2022 года диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи по повышению фреттингостойкости элементов двигателей летательных аппаратов и энергетических установок с использованием твердых смазочных покрытий, имеющей значение для развития авиационного двигателестроения, присудить Николаеву И.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 11 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета
доктор технических наук,
профессор



Равикович Юрий Александрович

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук,
доцент

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to Vyacheslav Kraev.

Краев Вячеслав Михайлович

27 декабря 2022 г.