

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.298.09, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 22.06.2022 № 18

О присуждении Никитину Денису Николаевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Определение предотказного состояния сложнагруженных подшипников скольжения расчётно-экспериментальными методами» по специальности 05.02.02 – «Машиноведение, системы приводов и детали машин» принята к защите 20.04.2022 г. (протокол заседания № 9) диссертационным советом Д 212.298.09, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, пр. В.И. Ленина, д. 76, приказ о создании диссертационного совета Д 212.298.09 № 105/нк от 11 апреля 2012 г.

Соискатель Никитин Денис Николаевич, 17.06.1988 года рождения, в 2010 г. с отличием окончил Челябинское высшее военное автомобильное командно-инженерное училище (военный институт) имени Главного маршала бронетанковых войск П.А. Ротмистрова (филиал) федерального государственного военного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Военный учебно-научный центр Сухопутных войск «Общевойсковая академия Вооруженных Сил Российской Федерации» по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». В 2016 г. окончил ФГБОУ ВО «Челябинский государственный

университет» по направлению 40.03.01 «Юриспруденция». С 01.01.2019 г. (приказ от 10.01.2019 № 4) по 01.01.2022 г. Никитин Д.Н. прикреплен к кафедре автомобильного транспорта ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» Министерства науки и высшего образования РФ.

В настоящее время работает старшим экспертом отдела (разработки и модернизации военной автомобильной техники) научно-технического комитета Главного автобронетанкового управления Министерства обороны Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре автомобильного транспорта ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Задорожная Елена Анатольевна, профессор кафедры автомобильного транспорта федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

1. Калимуллин Руслан Флюрович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автомобильного транспорта ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург;

2. Корнеев Андрей Юрьевич – кандидат технических наук, доцент, декан Факультета среднего профессионального образования ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», в своем положительном отзыве, подписанном доктором технических наук, профессором кафедры «Транспортные машины и триботехника» Шаповаловым В.В., доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Основы проектирования машин» Чукариным А.Н., доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Высшая математика» Мукутадзе М.А.,

указала, что диссертация Никитина Д.Н. является итогом целенаправленной самостоятельной работы и свидетельствует о способности автора решать сложные научные и технические задачи. Работа изложена логично, технически грамотно, аккуратно оформлена и проиллюстрирована. Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты, а выдвигаемые для публичной защиты положения имеют важное научное и практическое значение.

Соискатель имеет 4 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 4 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы, 1 свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ.

В диссертацию включены результаты, полученные автором лично. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах.

Публикации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России:

1. Никитин, Д.Н. Расчетно-экспериментальная методика определения предотказного состояния сложнагруженных подшипников скольжения / Д.Н. Никитин, Е.А. Задорожная, И.Г. Леванов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2022. – Т. 22. – № 1. – С. 5–23. (19 с./ 6 с.).

2. Леванов, И.Г. Методика расчёта ресурса подшипников скольжения на ранних этапах проектирования поршневых и роторных машин / И.Г. Леванов, Е.А. Задорожная, И.В. Мухортов, Д.Н. Никитин // Вестник ЮУрГУ. Серия: «Машиностроение». – 2021. – Т.21. – № 3.– С.5–21. (17 с./ 5 с.).

3. Леванов, И.Г. Моделирование гидродинамических подшипников скольжения с учётом индивидуальных противоизносных свойств смазочных материалов / И.Г. Леванов, Е.А. Задорожная, И.В. Мухортов, Д.Н. Никитин // Вестник ЮУрГУ. Серия: «Машиностроение». – 2021. – Т.21. – № 1.– С.14–28. (14 с. / 4 с.).

Комплекс программ для ЭВМ:

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021666405. Комплекс программ расчёта гидродинамических подшипников скольжения «ОРБИТА-Ресурс» / И.Г. Леванов, Е.А. Задорожная, Д.Н. Никитин,

М.О. Ещиганов. – заявка № 2021665841; заявл. 14.10.21; зарегистр. 14.11.21.

На диссертацию и автореферат поступило 13 отзывов. Во всех отзывах отмечается актуальность темы диссертации и даётся положительная оценка результатов работы.

Замечания, отмеченные в отзывах:

1) *ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», Памфилов Е.А., заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Триботехническое материаловедение и технологии материалов».* Замечания:

1. Не вполне ясно, за счет чего достигается экономический эффект при промышленном использовании результатов исследований. 2. На ряде приведенных зависимостей отсутствуют доверительные интервалы, что затрудняет оценку их достоверности (например, рис. 6, 11 и др.).

2) *ФГБУ «38 НИИИ БТВТ» Минобороны России, П.И. Агарков, начальник ФГБУ, Апекунов В.В., с.н.с. 22 научно-исследовательского испытательного отдела, к.т.н., Сенникова И.С., н.с. 22 научно-исследовательского испытательного отдела.* Замечания:

1. Не раскрыто понятие «резкое ухудшение ГМХ» на рисунке 5 Алгоритм расчета (шаг №5), страница 13 автореферата. 2. По алгоритму расчета на рисунке 5 (страница 13 автореферата) не понятно, учитывается ли на последующем шаге изменение вязкостно-температурных и реологических свойств смазочных материалов, а также изменение концентрации абразивных частиц.

3) *АО «СКБМ», Абдулов С.В., главный конструктор, к.т.н., Нефедов А.В., начальник отдела инженерных расчетов.* Без замечаний.

4) *ФГУП «НАМИ», Келлер А.В., заместитель генерального директора, д-р техн. наук, профессор.* Замечания:

1. При расчете динамики в представленной системе уравнений не учтено влияние перекосов вала относительно вкладышей подшипника. В автореферате следовало обозначить принятые автором допущения. 2. Предполагается ли учитывать явление аэрации масла на характеристики подшипника скольжения и

скорость его изнашивания? 3. Насколько применимо разработанное автором программное обеспечение к расчёту подшипников скольжения других объектов машиностроения, например, опор распределительных валов, компрессоров и др.? 4. Автор использует термин «активные абразивные частицы». Однако, в автореферате нет пояснения, что имеется в виду под этим термином.

5) *ФГБУН Научно-инженерный центр «Надёжность и ресурс больших систем и машин» Уральского отделения Российской академии наук, Гурьев Е.С., учёный секретарь, к.т.н.* Замечания:

1. В работе не учтены упругие деформации трибосопряжения и влияние подобных деформаций на характер износа. 2. При определении теплонапряженности узла подшипника не учтено тепловое расширение деталей и влияние данного процесса на механизм изнашивания.

6) *ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», Шабуров В.Н., заведующий кафедрой «Автомобили и автомобильный транспорт», к.т.н., доцент.* Замечания:

1. Из автореферата не ясно, учитывались ли параметры шероховатости контактирующих поверхностей при проведении расчетных исследований. 2. Из автореферата не ясно обоснование допущения использования изотермического подхода при оценке предотказного состояния гидродинамических узлов трения.

7) *Акционерное общество «Турбокомплект», Григоров И.Н., заместитель главного конструктора, к.т.н.* Замечания:

1. В материале автореферата не представлен закон, характеризующий движение абразивных частиц в пространстве зазора. 2. В работе не учитываются параметры материала абразивных частиц и их влияние на характер износа.

8) *ООО «Челябинский тракторный завод – УРАЛТРАК», Маслов А.П., ведущий инженер-конструктор, к.т.н.* Замечания:

1. В материале автореферата не представлено обоснование выбора абразивных частиц, которые были использованы в ходе проведения эксперимента. 2. Возможно ли применить представленную методику и алгоритм расчета для других трибосопряжений? 3. Как в экспериментальных исследованиях были реализованы

внешние нагрузки, действующие в сопряжении? Соответствуют ли они реальным условиям функционирования подшипников скольжения?

9) *АО «Специальное конструкторское бюро «Турбина», заместитель генерального директора по НИОКР – главный конструктор Латыпин И.С.*

Замечания:

1. В тексте представлены примеры расчетов, выполненные для шатунного подшипника коленчатого вала. Как изменится методика расчета при исследовании других узлов трения? 2. Из автореферата не ясно, как применить указанную методику при расчете режимов пуска или останова.

10) *ПАО «Автодизель», директор инженерно-конструкторского центра – главный конструктор Мокроусов Д.С.* Замечания:

1. В алгоритме расчета (рисунок 5) и пояснений к нему не раскрыто понятие резкое ухудшение ГМХ. 2. В ходе проведенной работы не рассматривается применение предлагаемой методики определения предотказного состояния подшипников скольжения в условиях отрицательных температур окружающего воздуха.

11) *ООО «ТРАКС», главный конструктор Сарычев А.Л.* Замечания:

1. Экспериментальная часть исследований проведена на одном варианте абразивного материала – порошок кварца. 2. Методика оценки предотказного состояния подшипников скольжения не учитывает изменение концентрации нагаросмолистых отложений в смазочном материале.

12) *ФГБУ «21 НИИ ВАТ» Министерства обороны Российской Федерации. Заместитель начальника по научной работе, к.т.н. Дёмик В.В.* Замечания:

1. В формуле 1 не расшифрован символ « δ » (стр. 10). 2. Выбранный масштаб рисунка 8 дает лишь общее представление о расположении диаграммы Герси-Штрибека, не позволяя провести детальный сравнительный анализ полученных данных (стр. 16).

13) *ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», профессор кафедры «Технология машиностроение, станки и инструменты», д.т.н. Громаковский Д.Г.* Замечания:

1. Автор считает, что увеличение абразивных частиц в моторном масле более 0,1 % недопустимо, т.к. повышает скорость изнашивания более, чем в 6 раз. Но необходимо учитывать, что подбор материала пар трения, выбор ХТО, типа и количества смазки и др. по-разному влияют на диапазон формируемой нагрузки.

2. Однако текст реферата можно было бы более тщательно отредактировать, оптимизируя влияние отмеченных факторов на скорость изнашивания. Например, используя рекомендуемые автором на стр. 23 (последний абзац) мероприятия по учету упругих и тепловых деформаций при расчете интенсивности износов возможно использовать различные переносы в системе, краевые эффекты применения противозадирных присадок и др.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований по теме диссертационной работы. Выбранные оппоненты и ведущая организация являются признанными специалистами и компетентны в области исследования, выполненного соискателем, а также имеют публикации в соответствующем направлении. Работы оппонентов и ведущей организации опубликованы в рецензируемых изданиях за последние 5 лет с 2017 по 2022 гг., что свидетельствует об актуальности и новизне выполненных научно-исследовательских работ, а также об их осведомленности в современных тенденциях развития в области машиноведения и деталей машин.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана комплексная методика определения предотказного состояния сложнонагруженных подшипников скольжения на основе расчётно-экспериментального моделирования изнашивания поверхностей трения, позволяющая при проектировании машин и механизмов на ранних этапах оценивать условия возникновения отказа;

предложены критерии оценки предотказного состояния сложнонагруженных подшипников скольжения на основе расчётного моделирования изнашивания поверхностей трения. К таким критериям отнесены: максимальное значение износа

поверхностей трения; максимально допустимая концентрация активных абразивных частиц, свободно перемещающихся в пространстве зазора; температура подачи смазочного материала;

доказана перспективность применения разработанного алгоритма оценки предотказного состояния сложнонагруженных подшипников скольжения с учётом изменения геометрии поверхностей шейки вала и вкладышей;

введено понятие «глубина граничного режима смазки», характеризующее не только режим смазки, при котором подшипник гарантированно работает, но и скорость его изнашивания, что дает возможность прогнозировать местоположение максимального износа сопряжения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что при оценке предотказного состояния и анализе гидромеханических характеристик сложнонагруженных подшипников скольжения, параметры которых изменяются в процессе эксплуатации, необходимо оценивать и учитывать изменение геометрии поверхностей трения при различных видах изнашивания;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих методов и модернизированных автором программ, в том числе: численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных; методы гидродинамической теории смазки; экспериментальные методы исследования свойств смазочных материалов, содержащих абразивные частицы;

изложен алгоритм оценки предотказного состояния сложнонагруженных подшипников скольжения с учётом изменения геометрии поверхностей шейки вала и вкладышей;

раскрыт характер влияния концентрации абразивных частиц в моторном масле класса SAE 5W-50 на положение диаграммы Герси-Штрибека и работоспособность подшипника скольжения;

изучены реологические и вязкостно-температурные свойства «свежего» и работавшего моторного масла класса вязкости SAE 5W-50, влияние концентрации

абразивных частиц на работоспособность подшипника скольжения;

проведена модернизация алгоритмического и программного обеспечения, позволяющего при проектировании сложнонагруженных гидродинамических подшипников скольжения оценивать и учитывать изменение геометрии поверхностей трения при различных видах изнашивания.

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

разработано и рекомендовано к использованию в АО «Автомобильный завод «УРАЛ» методическое и программное обеспечение; комплекс программ расчёта гидродинамических подшипников скольжения «ОРБИТА-Ресурс» **внедрен** в применяемую систему расчета современной и перспективной продукции ПАО «Автодизель»;

определены для шатунных подшипников коленчатого вала двигателя 6ЧН10,5/12,8 значение максимального допустимого отклонения от правильной геометрической формы, а также предельно допустимые значения средней концентрации активных абразивных частиц в зазоре;

созданы рекомендации по использованию пошаговой корректировки формы поверхностей трения с помощью элементарных видов некруглостей;

представлены параметры для степенной модели вязкости масла класса SAE 5W-50, которая позволяет учитывать изменения сдвиговой стабильности масел по мере работы при моделировании предотказного состояния подшипников скольжения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные результаты работы получены при использовании аттестованных средств – машин трения, ротационных вискозиметров и имитатора конического подшипника;

теоретические методы оценки гидромеханических характеристик сложнонагруженных подшипников скольжения обосновываются применением известных численных методов; характеризуются качественным и количественным совпадением полученных результатов с известными теоретическими и экспериментальными данными;

идея базируется на анализе отказов сложнонагруженных подшипников скольжения в практике эксплуатации машин, обобщении передового опыта теоретических и экспериментальных исследований подшипников скольжения;

использованы результаты теоретических и экспериментальных исследований, полученные отечественными и зарубежными авторами, для сравнения с результатами соискателя;

установлено качественное и количественное совпадение полученных соискателем результатов с известными теоретическими и экспериментальными данными, что подтверждает адекватность разработанных расчётных методик и алгоритмов;

использованы методы планирования эксперимента, а также современные методики сбора и обработки исходной информации при проведении экспериментальных исследований.

Личный вклад соискателя состоит в: модернизации и апробации комплекса математических моделей и алгоритмов; постановке и проведении экспериментальных исследований; разработке методики оценки предотказного состояния подшипников скольжения; разработке программного обеспечения; проведении параметрических исследований; личном участие в апробации результатов исследования; публикации основных результатов исследования в рецензируемых журналах; регистрации программы для ЭВМ.

Основные результаты, приведенные в диссертации, получены лично автором или при его непосредственном участии.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

А) В формулировке научной новизны в явном виде не указаны отличительные признаки с использованием слов «отличающийся тем, что...».

Б) Нечетко представлен заявленный в задаче 2 алгоритм оценки предотказного состояния сложнонагруженных подшипников скольжения с учётом изменения геометрии поверхностей шейки вала и вкладышей.

Соискатель Никитин Д.Н. обоснованно ответил на замечания и задаваемые ему

в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

А) В научной новизне указаны результаты, которые получены автором впервые, либо их отличительная черта указана во второй части каждого положения. Возможный вариант пунктов новизны можно уточнить следующим образом:

1. Разработана методика определения предотказного состояния сложнонагруженных подшипников скольжения, **впервые** комплексно учитывающая влияние вязкостно-температурных и реологических свойств масла, концентрации активных абразивных частиц, а также изменения геометрической формы шейки вала и вкладышей на скорость их изнашивания.

2. Предложены критерии оценки предотказного состояния сложнонагруженных подшипников скольжения, **в отличие от предыдущих полученные** на основе расчётного моделирования изнашивания поверхностей трения.

3. Получены параметры степенного закона, описывающие реологическое поведение «свежего» и **впервые оцененного** работавшего моторного масла класса вязкости SAE 5W-50.

4. **Впервые** установлен характер влияния концентрации абразивных частиц в моторном масле класса вязкости SAE 5W-50 на положение диаграммы Герси-Штрибека и работоспособность подшипника скольжения.

Разработан алгоритм расчёта динамики сложнонагруженных гидродинамических подшипников скольжения, **в отличие от предыдущих алгоритмов учитывающий** изменения геометрии шейки вала и вкладышей в результате изнашивания.

Б) Алгоритм является элементом научной новизны и выносится на защиту в виде результатов расчёта с применением данного алгоритма. Рисунок 5 (стр.13 автореферата) отражает последовательность действий для достижения цели, и в этом смысле является алгоритмом, хотя и имеет не традиционный для алгоритма вид в форме блок-схемы.

На заседании 22.06.2022 г. диссертационный совет принял решение за разработку комплексной методики определения предотказного состояния сложнонагруженных подшипников скольжения на основе расчётно-

экспериментального моделирования изнашивания поверхностей трения, внедрение которой вносит значительный вклад в развитие страны – присудить Никитину Д.Н. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 16, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета

Рожественский Юрий Владимирович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Абызов Алексей Александрович

22.06.2022 г.

