

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д 218.010.02 на базе федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Ростовский
государственного университета путей сообщения» (РОСЖЕЛДОР)
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 16.05.2017 г., № 2

О присуждении Камеровой Эльвире Атласовне, Россия, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Идентификация триботехнических характеристик металлополимерных трибосистем в жидких смазочных средах» по специальности 05.02.04 – «Трение и износ в машинах» принята к защите 22.02.2017 г., протокол № 1, диссертационным советом Д 218.010.02 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 № 714/нк от 02.11.2012 г.)

Соискатель Камерова Эльвира Атласовна, 1975 года рождения, в 2000 году окончила Московский институт коммунального хозяйства и строительства по специальности «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов». В 2007 г. окончила Академию труда и социальных отношений по специальности «Безопасность технологических процессов и производств». С 2015 г. является аспиранткой очной формы ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения». Работает старшим преподавателем на кафедре «Оборудование и технология сварочного производства» Таганрогского политехнического института – филиала ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ФГБОУ ВО ДГТУ) с 2012 г. по настоящее время.

Диссертация выполнена на кафедре «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО РГУПС.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Кохановский Вадим Алексеевич, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности» в ФГБОУ ВО РГУПС.

Официальные оппоненты: Бутенко Виктор Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры механики института радиотехнических систем и управления ФГАОУ ВО «Южный Федеральный университет»; Задорожная Елена Анатольевна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Автомобильный транспорт» ФГАОУ ВО «Южно-Уральского государственного университета (Национальный исследовательский университет)» – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова» (ФГБОУ ВО «ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова»), в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой «Автомобили и транспортно-технологические комплексы», кандидатом технических наук, доцентом Сиротиным Павлом Владимировичем и

доктором технических наук, профессором Шульгой Геннадием Ивановичем и утвержденном первым проректором – научным руководителем университета ФГБОУ ВО «ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова», доктором технических наук, профессором Горбатенко Николаем Ивановичем отметила, что диссертация Камеровой Эльвиры Атласовны является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена задача повышения допустимой скорости и ресурса металлополимерных трибосистем с композиционными покрытиями, выполнены экспериментальные исследования процессов адгезионной прочности покрытий в жидких смазочных средах, а также их вязкоупругих и триботехнических свойств, что имеет значение для дальнейшего развития трибологии как науки и значительно расширяет область применения высокоэффективных материалов в инженерной практике. На основании вышеизложенного Камерова Эльвира Атласовна заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.04 «Трение и износ в машинах».

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 10 работ. Из них в рецензируемых научных изданиях опубликованы 3 работы и имеется 1 патент на полезную модель. В работах отражены основные результаты исследования адгезионных, вязкоупругих и триботехнических характеристик композиционных полимерных покрытий. Основные работы:

1. Кохановский В.А. Фторопластсодержащие композиционные покрытия в смазочных средах. /В.А. Кохановский, Э.А. Камерова // Трение и смазка в машинах и механизмах, 2014.- №1.- С. 34 – 37.

2. Кохановский В.А. Вязкоупругие свойства полимерных покрытий в смазочных средах. / В.А. Кохановский, Э.А. Камерова // Трение и смазка в машинах и механизмах, 2014.- №2.- С. 44 – 48.

3. Кохановский В.А. Трение полимерных покрытий в жидких смазочных средах. / В.А. Кохановский, Э.А. Камерова // Трение и смазка в машинах и механизмах, 2014.- №4.- С. 17 – 20.

4. Патент на полезную модель 162720 РФ, МПК F16 C17/10 C33/10. Подшипник радиально-упорный полирежимный. / В.А. Кохановский, Э.А. Камерова, А.А. Феденко и др. №2015154166/11; Заявл.16.12.15; Опубл.27.06.16.

5. Камерова Э.А. Армирующий каркас антифрикционных покрытий. /Э.А. Камерова // Сборник статей 8-й межд. науч.-практ. конф. «Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения». «Интерагромаш-2015» – Ростов н/Д: ФГБОУ ВПО ДГТУ. - 2015 .- С. 285-287.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Ведущей организации – ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова». Отзыв подписали зав. кафедрой «Автомобили и транспортно-технологические комплексы», к.т.н., доцент Сиротин П.В. и д.т.н., проф. Шульга Г.И., утвердил первый проректор – научный руководитель университета ФГБОУ ВО «ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова», д.т.н., проф. Горбатенко Н.И. Отзыв положительный. Замечания: **1.** При описании методики испытаний на износостойкость антифрикционного покрытия не указаны режимы испытаний: нагрузки, скорости испытаний образцов. **2.** Неясно, наносились ли канавки на антифрикционном покрытии образцов в лабораторных условиях, а также какова технология нанесения таких канавок на втулке подшип-

ника. Какое влияние оказывает на гидродинамический режим смазывания стык антифрикционного покрытия при его наклеивании на втулку подшипника? **3.** Следовало бы провести исследования по набуханию антифрикционного покрытия во времени при выдержке в смазочных средах с целью определения изменения внутреннего диаметра втулки подшипника скольжения с нанесенным антифрикционным покрытием. **4.** В табл. 4 в автореферате и табл. 4.8 под названием «Эффективность металлополимерных трибосистем при гидродинамическом режиме смазывания» диссертационной работы износостойкости трибосопряжений при граничной смазке на воздухе, в масле МС-20, Тп22-С должны быть классифицированы по 6 классу, а в гидродинамическом режиме в этих же средах по 8 классу (подшипники скольжения классифицируют по 5...8 классам износостойкости), а не по 11 и 12 классам, как квалифицировано диссертантом. **5.** Ресурс подшипников скольжения устанавливается в часах, а не в циклах. **6.** Автором используются термины: «оппозитно расположенные канавки» «сегментальные сечения» – стр.6 диссертации, стр. 5 автореферата и др. Следует использовать термины «оппозиционно расположенные канавки», «сегментные сечения».

Отзыв официального оппонента – д.т.н., профессора В.И. Бутенко – проф. кафедры механики института радиотехнических систем и управления ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет». Отзыв положительный. Замечания: **1.** Диссертационная работа была бы более значимой в научном плане, если бы автор более четко сформулировал рабочую гипотезу об абсорбционном повышении жесткости, поместив ее в начале второй главы. **2.** Целесообразно было бы разработанные на основе выполненных исследований рекомендации по повышению ресурса и допустимой скорости трибосистем представить отдельным разделом в последней главе диссертации. **3.** Несмотря на четко сформулированные условия постановки экспериментов для эмпирических зависимостей (4.1) – (4.6) и (4.9) – (4.15), не указана область их применения. **4.** Утверждение автора о том, что «безззорный подшипник может быть создан только при наличии фторопласта в податливом покрытии» (стр.31), на наш взгляд не бесспорно. **5.** При выполнении экспериментальных исследований автором не дана оценка полученных результатов, их адекватность; все точки на графиках расположены точно на кривых. **6.** На стр.52 диссертации не объяснено, как были вычислены коэффициенты А, Б, С модели (2.29). **7.** В диссертации следовало бы представить чертеж или схему радиально-упорного подшипника, на который получен патент на полезную модель. **8.** К сожалению, ни в диссертации, ни в автореферате ничего не говорится о возможности использования полученных результатов в учебном процессе при подготовке специалистов для машиностроительных отраслей. **9.** Замечания по оформлению диссертационной работы и представлению материалов состоят в следующем: на стр.43 рис.2.5; стр.45 рис.2.7; стр.50 рис.2.10; стр.51 рис.2.12 - рисунки слишком мелки и не ясно, как они получены; некоторые рисунки сильно сжаты по вертикали (рис.1.7, 4.5, 4.15) или выполнены жирным шрифтом (2.2, 4.14, 4.16, 4.17); встречаются нечеткие выражения «только в режиме жидкостного трения доступ смазочного материала не будет ограничен, но жидкая смазка будет способствовать охлаждению полимерного покрытия» (стр.91); - библиографический список составлен не в полном соответствии с ГОСТ Р.05-2008 и ГОСТ7.1-2003.

Отзыв официального оппонента – д.т.н., доцента Е.А. Задорожной – профессора кафедры «Автомобильный транспорт» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет). Отзыв положительный. Замечания: **1.** В первой главе диссертации очень подробно рассмотрены состав, структура и технология нанесения покрытий, представлено описание физико-химических процессов в зоне контакта, выполнен анализ влияния жидких сред на свойства полимеров. Однако автор совершенно не представила никаких сведений и примеров теоретических исследований, выполненными отечественными и зарубежными учеными. **2.** Обосновывая, с одной стороны, разработку «безззорного подшипника», с другой стороны – необходимость обеспечения гидродинамического режима, автор вступает в логическое противоречие. **3.** Вызывает сомнение и применимость целого ряда допущений, принятых автором. В частности, вязкость смазочного материала не зависит от давления (стр.33); неразрывность смазочного слоя по всему периметру подшипника (стр.42); отсутствие эксцентриситета (стр.46). **4.** Все теоретические исследования, выполненные автором, направлены на решение гидродинамической задачи. При этом рассматривается только геометрия подшипника, а особенности материала покрытия никак не учитываются. Не рассматривается также зависимость вязкости смазочного материала в направлении нормали к поверхности трения. **5.** Почему автором не рассматривается возможность аппретирования полимерного покрытия инертной жидкостью, не смешивающейся со смазочным материалом? Например, силиконовыми или перфторполиэфирными маслами. Это позволило бы полностью исключить негативное влияние смазочного масла на полимерное покрытие без ущерба для гидромеханических характеристик подшипника. **6.** В главе 5 приведено подробное описание лопастей несущих вертолетных винтов и технологии их изготовления. Однако не приведены никакие данные по оценке параметров экспериментальных подшипников и их сравнению со штатными подшипниками. Утверждение о повышении ресурса на 25-27 % ничем не обосновано.

На автореферат диссертации поступило 8 отзывов. Все отзывы положительные.

1. Отзыв д.т.н., наук, проф., зав. лабораторией «Методы и технологии упрочнения» ФГБУН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН» **Куксеновой Л.И.** Замечания. **1.** В автореферате отсутствует критический анализ проблемы ресурса металлополимерных трибосистем, решаемой другими авторами, поэтому не четко отражено занимаемое автором место в этих задачах. **2.** На рис. 6 приведена общая схема методик экспериментальных исследований, в которую включены блоки «структура покрытий» и «материал контртел». Судя по автореферату, этим блокам уделено мало внимания. Поэтому остается неясным вопрос, как при расчетах на долговечность учитывать степень деструкции полимерного покрытия.

2. Отзыв д.т.н., проф. кафедры «Трибология и технологии ремонта нефтегазового оборудования» ФГБОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина», доцента **Мальшева В.Н.** Замечания. **1.** Не вполне понятно, почему в названии диссертации использован термин «идентификация», имеющий в контексте названия смысл слова «определение», но используе-

мый, как правило, в случаях, связанных с определением материаловедческих понятий, типа фаза, структура и проч. и несущий несколько другой смысловой оттенок. **2.** В автореферате диссертант не указывает, на основе каких планов эксперимента были построены приведенные графики (рис.7, 9, 10-12). **3.** В автореферате есть разночтения на стр.19, имеются некоторые стилистические ошибки, не указана размерность в формуле (3).

3. Отзыв д.т.н., проф. кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей» ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» **Копченкова В.Г.** Замечания. **1.** Недостаточно раскрыта природа деградиационных процессов в полимерном композите, находящемся в смазочной среде. **2.** Из автореферата неясен процент содержания фторопласта в экспериментальных образцах.

4. Отзыв д.т.н., проф. кафедры «Управление качеством, стандартизация и метрология» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» **Горленко О.А.** Замечание: На стр.12, 14, 15 и 16 приведены регрессионные модели, однако результаты их статистической значимости не приводятся.

5. Отзыв главного научного сотрудника лаборатории «Механика авиационных технологий» Южного научного центра РАН, д.т.н., проф. **Шевцова С.Н.** Замечания. **1.** Приводя результаты исследований зависимостей адгезионной прочности покрытий от температуры и времени экспозиции в жидких смазочных средах, автор не указывает, какая методика использовалась для надежного измерения прочности на отслаивание при отгибе покрытия, что не позволяет сделать вывод обоснованности приводимых соотношений. **2.** Приводимые в табл. 2 параметры моделей ползучести материала покрытия в различных средах даны без указания доверительных интервалов, что затрудняет оценку характера рассеяния экспериментальных данных. **3.** Не ясно, могут ли описанные регрессионными моделями закономерности распространяться на другие антифрикционные покрытия.

6. Отзыв д.т.н., проф., заслуженного деятеля науки и техники РФ, ведущего научного сотрудника института повышения квалификации Северо-Кавказского федерального университета (СКФУ) **Пенкина Н.С.** Замечание: В автореферате не указывается, каким образом автор выбрал фторопластовый композит для своих исследований.

7. Отзыв д.т.н., проф., зав. каф. «Эксплуатация автомобильного транспорта» ГАОУ ВО «Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт» **Тахтамышева Х.М.** Замечания. **1.** В автореферате отсутствуют данные о подготовке поверхностей под нанесение покрытия с помощью адгезива, что должно повысить адгезионную прочность покрытия. **2.** Следовало установить влияние на полимерные покрытия не только минеральных, но и современных синтетических масел.

8. Отзыв д.т.н., проф. кафедры «Инжиниринг технологического оборудования» ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» **Керопяна А.М.** Замечания. **1.** На стр.8 под формулой (7) указана величина выталкивающей силы в Па, а нужно в Н. **2.** На стр. 12 (первый абзац) – нет обозначения достаточного количества проведенных опытов «3-5» для обеспечения достоверности полученных результатов

Выбор официальных оппонентов обосновывается их значительной публикационной активностью в области трения и изнашивания трибосистем в режимах граничного и жидкостного трения, методов расчета и разработки узлов трения различных машин и механизмов. Выбор ведущей организации определяется специализацией и высоким уровнем ее лабораторий в рассматриваемой области исследований, значительным количеством эффективных разработок и широким кругом публикаций ее сотрудников в ведущих специализированных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработана** концепция повышения эффективности и расширения области применения металлополимерных трибосистем с композиционными антифрикционными покрытиями в жидких смазочных средах;

- **предложена** оригинальная конструкция радиально-упорных подшипников скольжения с полимерным композиционным покрытием, для работы в режиме самосмазывания при относительно низких скоростях, и двумя маслоподдерживающими канавками для работы в режиме гидродинамики при увеличении скорости;

- **доказано**, что в результате особенностей конструкции предлагаемых подшипников резко снижено деструктивное влияние на полимерное композиционное покрытие жидких смазочных материалов;

- **введено** новое понятие – «полирежимный подшипник» для подшипников, способных длительное время работать при многократной смене режимов смазывания.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что

- **доказана** аналитическим и численно-аналитическим методами возможность самостоятельного автоперехода рассматриваемой трибосистемы от граничного трения в режиме самосмазывания к жидкостному в режиме гидродинамики без дополнительных внешних воздействий;

- **применительно** к проблематике диссертации эффективно использован комплекс конечноэлементных компьютерных программ для расчета скачка давления в маслоподдерживающих канавках;

- **изложена** причина перехода рассматриваемой металлополимерной трибосистемы от граничного к гидродинамическому трению как результат движения жидкости в маслоподдерживающих канавках;

- **раскрыто** комплексное вязкостно-скоростное воздействие жидкого смазочного материала в маслоподдерживающих канавках и минимальной величины трибозазора, обеспеченной особенностями композиционного покрытия;

- **изучены** основные закономерности течения вязкого несжимаемого жидкого смазочного материала в маслоподдерживающих канавках;

- **проведена модернизация** существующих математических моделей металлополимерных трибосистем с композиционными покрытиями с учетом влияния жидкой смазочной среды.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что

- **разработана** и испытана в условиях ОАО «Роствертол» конструкция радиально-упорных подшипников с полимерным композиционным покрытием и маслоподдерживающими канавками в редукторе станка для внутреннего ленточного шлифования лонжеронов, обеспечивающая повышение ресурса;

- **определены** нагрузочно-скоростные режимы и область рациональной эксплуатации металлополимерных трибосистем рассматриваемого класса в смазочных средах;

- **создан** комплекс практических рекомендаций для определения работоспособности и ресурса полимерных фторопластсодержащих покрытий в картерных средах из жидких смазочных материалов;

- **представлены** результаты исследований адгезионной прочности, ползучести и износостойкости полимерных фторопластсодержащих композиционных покрытий в среде жидких смазочных материалов.

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

- **результаты** экспериментальных исследований получены на сертифицированном оборудовании в условиях планирования многофакторных экспериментов по схеме ПФЭ 2^k и статистической обработки результатов;

- **теория** построена на известных классических уравнениях гидродинамики Навье-Стокса и Рейнольдса, использованных для описания течения жидкого смазочного материала в маслоподдерживающих канавках;

- **идея** базируется на особенностях конструкции радиально-упорных подшипников, блокирующих деструктивное влияние жидкости, специфике самосмазывающихся фторопластсодержащих композиционных покрытий, обеспечивающих минимальные размеры трибозазора, и действии маслоподдерживающих канавок, вызывающих рост градиента давлений;

- **использован** одновременно и в едином объекте комплекс отдельных известных материаловедческих, конструктивных и теоретических (гидродинамических) особенностей, приведший к положительному результату;

- **установлено** качественное и количественное совпадение результатов и лабораторных исследований с данными стендовых и промышленных испытаний;

Личный вклад соискателя состоит в:

- **проведении** экспериментальных исследований в области адгезии покрытий, вязкоупругих и триботехнических свойств композита, их выполнении и статистической обработке результатов;

- **моделировании** при помощи компьютерной технологии (лицензионный программный комплекс (академическая лицензия) Comsol Multiphysics 3.5a) программы распределения давлений в маслоподдерживающих канавках;

- **подтверждении** экспериментами результатов решения поставленных теоретических задач о снижении деструктивного влияния на полимерный композит жидких смазочных материалов и разработке подшипников, устойчиво работающих как в режиме самосмазывания фторопластом, так и в режиме жидкостного трения;

- **графо-аналитической** обработке и обобщении полученных результатов;

- **подготовке** публикаций по результатам выполненной работы.

Все результаты, приведенные в диссертации, получены либо самим соискателем, либо при его участии. Диссертация охватывает основные вопросы поставленных научных задач и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, корректной постановкой цели и задач исследований; их теоретическим обоснованием и проведением

