

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования

«Забайкальский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Александрово-Заводская ул., д. 30, г. Чита, 672039,

Забайкальский край, Россия

Тел. (302-2) 41-64-44, 41-66-00

Факс: (302-2) 41-64-44

Web-server: www.zabgu.ru

E-mail: mail@zabgu.ru

ОКПО 02069390, ОГРН 1027501148652

ИНН/КПП 7534000257/753601001

19/11/2021 № 15-11/190

на № _____ от _____

В диссертационный совет Д 002.278.01
на базе Федерального
государственного
бюджетного учреждения науки
Сибирский федеральный
центр агробιοтехнологий Российской
академии наук (СФНЦА РАН)

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора Озорнина Сергея Петровича на диссертационную работу Вахрушева Владимира Владимировича «Технологическое обеспечение послеремонтного ресурса трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус» коробок передач транспортно-технологических машин АПК», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

от «26» ноября 2021 г.

Рецензируемая работа представлена на 228 страницах машинописного текста и включает в себя 219 страниц основного текста диссертации, в том числе 73 рисунка, 3 таблицы. В приложении на 9 страницах приведены акты внедрения результатов работы и копии патентов и свидетельства о регистрации программ. Библиографический список содержит 331 источник.

Предметом настоящего отзыва является установление степени соответствия содержания диссертации, автореферата и основных публикаций автора диссертационного исследования требованиям, содержащимся в Постановлении Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке

присуждения ученых степеней». В соответствии с требованиями пунктов 9, 10, 11, 13, 14 и 23 Постановления необходимо отметить следующее:

1. Актуальность темы диссертационной работы

Безотказность агрегатов трансмиссии и, особенно, коробки передач (КП) в значительной степени определяет величины затрат и простоев в ремонте, а также показатели долговечности транспортно-технологических машин (ТТМ) АПК. Известно, что доля отказов КП автомобилей, в условиях рядовой эксплуатации, составляет до трех четвертей всех отказов трансмиссии. Отказы КП зерноуборочных комбайнов составляют около половины всех отказов.

Поскольку ресурс трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус» ниже расчетного и находится в пределах от 2000 до 3800 мото-ч для технологических машин, а для автомобилей не превышает 150 тыс. км, отказы рассматриваемой системы являются одной из основных причин выхода из строя КП (около 70 %). Разработка и совершенствование технологических процессов, обеспечивающих повышение долговечности трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус» коробок передач, является актуальной и представляет собой значимую научно-практическую задачу.

Одним из способов восстановления послеремонтного ресурса трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус» КП является использование полимерных материалов. Однако реализация этой возможности сдерживается малой изученностью проблемы обеспечения работоспособного состояния восстановленных трибомеханических систем «кольцо подшипника – корпус» КП в различных режимах нагружения. Не изучено влияние на их усталостную прочность используемых при ремонте полимеров с определенными деформационно-прочностными и адгезионными свойствами, режимов отверждения, масштабного фактора. В связи с этим, тема диссертационной работы Вахрушева В.В., в которой предложены возможные пути решения сформулированных задач, актуальна.

Разработка и совершенствование технологических процессов, обеспечивающих повышение долговечности трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус» КП, является актуальной и представляет собой значимую научно-практическую задачу.

Сформулированная автором цель исследования – обеспечение послеремонтного ресурса трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус» КП транспортно-технологических машин в АПК с использованием полифункционального соединения акрилового ряда и технологии его применения, является обоснованной.

2. Научная новизна исследования и полученных результатов

Научная новизна диссертационного исследования представлена усовершенствованной методикой моделирования напряженно-деформированного состояния методом конечных элементов (МКЭ) однопараметрических трибомеханических систем типа «кольцо подшипника – корпус – физико – механические свойства полимерного материала – условия эксплуатации», позволяющей изучить ее элементы, свойства и процессы, имеющие место, в подшипнике, полимерной пленке, механической системе и во внешней среде. Научная новизна также присуща выявленным автором закономерностям изменения ресурса восстановленной трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус КП» в зависимости от условий эксплуатации КП, физико-механических свойств и геометрических размеров пленок полимерного материала.

Формулировки научной новизны, представленные в тексте диссертации и в автореферате, возражений не вызывают.

Положения, выносимые на защиту:

- методика моделирования напряженно-деформированного состояния трибомеханической системы типа «кольцо подшипника – корпус – физико – механические свойства полимерного материала – условия эксплуатации»,

позволяющая изучить ее элементы, свойства и процессы, имеющие место, в подшипнике, полимерной пленке, механической системе;

- результаты: исследования физико-механических свойств пленок полимерного материала, напряженно-деформированного состояние полимерной пленки;

- ресурс трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус» КП транспортно-технологических машин.

В тексте научного положения и результатов, выносимых на защиту, не указана целевая направленность и результативность их реализации.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, результатов и выводов, сформулированных в диссертации

Автором диссертационного исследования сформулировано одно научное положение и два результата, которые им предполагается вынести на защиту. Анализ текста диссертации и автореферата показал, что в них достаточно полно представлены материалы, отражающие суть научного положения. Корректность разработанных автором математических моделей, апробация результатов исследования на международных и национальных научных конференциях, положительный эффект от реализации методики моделирования напряженно-деформированного состояния трибомеханической системы типа «кольцо подшипника – корпус – физико – механические свойства полимерного материала – условия эксплуатации», подтверждают достоверность и новизну результатов исследования и имеют практическое значение.

В формулировках результатов содержится характеристика физико-механических свойств пленок полимерного материала, напряженно-деформированного состояния полимерной пленки, а также обоснование ресурса трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус» КП транспортно-технологических машин.

В заключении по работе сформулировано семь основных выводов.

В *первом выводе*, сформулированном на основании анализа состояния вопроса и предварительных аналитических исследований автора, установлено, что разрушение и деградация поверхностных слоёв посадочного отверстия связано с контактными нагрузками и сегрегацией углерода в поверхностные слои материала корпуса от действия изгиба кольца подшипника качения; зависимость для определения параметров изгиба наружного кольца шарикового радиального подшипника качения, определяется по теории изгиба бруса малого радиуса кривизны на упругом основании модели Винклера; для обеспечения долговечности восстановленной трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус» плёнка полимерного материала должна находиться в состоянии гидростатического сжатия. Сформулированный вывод возражений не вызывает, вывод достоверен и обладает определенной научной новизной.

Во *втором выводе* представлены результаты решения первой и частично второй научных задач, сформулированных автором исследования. В выводе определено, что вне зависимости от толщины модели, имитирующей пленку, из анаэробного герметика в восстановленной трибомеханической системе «кольцо подшипника – корпус», главные площадки напряжений располагаются по радиусу и по окружности. При этом напряжения составляют от 4 до 9 МПа и располагаются на оси симметрии модели, дуга контакта составляет 180 градусов. Вывод достоверен, имеет практическую значимость и обладает научной новизной.

В *третьем и четвертом выводах* представлены результаты решения второй научной задачи, сформулированной автором исследования. В тексте выводов утверждается, «установлено, что среднее арифметическое значение износа отверстий под подшипники качения в корпусных деталях КП транспортных и технологических машин составляет 0,136... 0,192 мм. При этом наибольший износ имеют отверстия под задний подшипник КП первичного вала, среднее квадратическое отклонение 0,070... 0,125 мм, что превышает величину допускаемого износа по техническим требованиям на ремонт, при этом шероховатость поверхности локальной зоны износа соответствует 0,68... 0,87 мкм. Это значение шероховатости превышает шероховатость исходной

поверхности на 0,35... 0,50 мкм. При наличии пленки полимера существенной деградации посадочного места не наблюдается». В четвертом выводе автор, на основании экспериментальных исследований, утверждает, что рациональная толщина пленок, с учетом напряженно-деформированного состояния трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус», должна быть в диапазоне от 0,1 до 0,2 мм. Выводы можно признать имеющими научную новизну и практическую значимость.

Пятый вывод констатирует, что эффективная температура эксплуатации плёнок полимера составляет от 80 до 1000° С, что удовлетворяет режимам эксплуатации коробок передач транспортных и технологических машин. При этом ползучесть пленок зависит от температуры и толщины. Плёнки полимерного материала толщиной до 0,1 мм обладают ползучестью в 4 % (в сравнении с толщинами пленок до 0,3 мм – их ползучесть составляет около 10 %), это обеспечивает стабильное взаимное расположение деталей в диапазоне рабочих температур и нагрузок. Вывод обладает определенной научной новизной и имеет практическую значимость.

В **шестом выводе** констатируется, что разработана технология применения полифункционального соединения акрилового ряда для обеспечения послеремонтного ресурса трибомеханической системы «кольцо подшипника-корпус» коробки передач транспортно-технологических машин, включающая следующие операции: разборку КП, мойку корпусной детали КП, обезжиривание посадочных мест под подшипники качения в картере КП, нанесение полимерного материала на поверхности деталей, сборку коробки передач и термообработку полимерного материала. Вывод носит информационный характер, достоверен, имеет практическую значимость, однако научной новизной не обладает.

В **седьмом выводе** приведены результаты испытаний по определению доремонтного ресурса КП грузовых автомобилей. При восстановлении полимерным материалом ресурс увеличивается с 84 тыс. км до 103 тыс. км у первичного вала и со 115 до 127 тыс. км у вторичного вала. Послеремонтная наработка КП зерноуборочного комбайна увеличивается для первичного вала с

1500 до 2100 га и вторичного валов с 2100 до 3000 га. При этом расчетный годовой экономический эффект от внедрения разработанного технологического процесса составил 9894 руб. на одну КП. Вывод является важным с практической точки зрения, содержит значения реального экономического эффекта от внедрения разработок соискателя для указанных предприятий, подтвержденные соответствующими актами, имеет практическую значимость и, поэтому, сомнений не вызывает.

Основные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы, представленные в заключении, частично являются новыми, вытекают из результатов исследований.

4. Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертации

Для науки значение имеют результаты, полученные в исследовании, дополняющие имеющиеся теоретические представления в части определения ресурса однопараметрических систем типа «кольцо подшипника - корпус КП» с целью оптимизации параметров, определяющих послеремонтный ресурс трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус» КП при их восстановлении полимерными материалами акрилового ряда.

Практическую ценность представляет разработанная технология обеспечения послеремонтного ресурса трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус» КП с применением полифункциональных соединений акрилового ряда, отличающаяся низкой трудоёмкостью реализации, по сравнению с другими методами, не требующая специализированного оборудования и высокой квалификации исполнителей. Значимость и актуальность диссертационной работы подтверждена внедрением результатов работы в реальном секторе сельскохозяйственного производства и транспортных услуг.

5. Оценка содержания диссертации и ее оформления

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, содержащего общие выводы по работе, списка использованной литературы и приложений. Приложения представлены на 9 страницах, в них приведены документы, отражающие практическое использование результатов исследований и копии патентов и свидетельства о регистрации программ.

Введение посвящено обоснованию актуальности темы исследования, оценке степени её разработанности, описанию ее цели, объекта, предмета и методологии исследований, научной гипотезы, новизны и практической значимости. В нем представлены основные научные положения, выносимые на защиту, а также оценка степени достоверности и апробация результатов.

В первой главе «*Технологические способы обеспечения послеремонтного ресурса трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус» КП транспортно-технологических машин*» выполнен сравнительный анализ доремонтной и послеремонтной долговечности коробок передач транспортно-технологических машин. На его основании установлено, что относительно низкий ресурс элементов, и в целом КП, в послеремонтный период обусловлен влиянием отказа трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус». Также установлено, что существует необходимость в разработке способа повышения долговечности трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус» в целом, а не только одного посадочного места.

Однако четко сформулированных выводов по этой главе практически не сделано, кроме одного, который утверждает, что распространение способа обеспечения послеремонтной долговечности трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус» коробок передач транспортно-технологических машин АПК полимерными материалами сдерживается ввиду недостаточной несущей способности получаемых покрытий, а, следовательно, и долговечности восстановленных трибосистем.

По результатам этого вывода автором определена сущность научно-практической задачи, которая охарактеризована существенными противоречиями

в применении к теме диссертации, цель исследования, сформулированы задачи исследования.

Оценивая в целом содержание главы, можно констатировать, что круг рассмотренных в ней вопросов, их важность, логика и глубина проработки вполне соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Во второй главе *«Теоретические предпосылки повышения долговечности трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус»»* рассмотрены процессы:

- генезиса контактных явлений, происходящих в поверхностных и подповерхностных слоях деталей;

- эволюции, разрушения, формирования рельефа и геометрической структуры повреждений (ГСП) поверхностных и подповерхностных слоёв деталей;

- образования вторичных разупрочненных сред, а также частиц износа на поверхностных и подповерхностных слоях деталей и их влияния на долговечность элементов;

- детерминирования ведущего вида изнашивания элементов;

- обеспечения послеремонтного ресурса применением полифункциональных соединений акрилового ряда.

Функциональная причинно-следственная связь между частными процессами, проходящими в трибомеханической системе «кольцо подшипника – корпус», показана в виде структурной схемы (рисунок 1 автореферата и рисунок 21 в тексте диссертации), которая возражений не вызывает.

В конце главы сделан только один вывод: «В результате проведенных исследований установлено, что тонкие полимерные прослойки могут эффективно работать в зонах контакта, при этом распределение напряжений и их уровень на дуге контакта мало отличаются от аналогичного распределения в соединении без полимерного материала». Вывод, безусловно, важный, но ограничивает отражение сути выполненных теоретических исследований автора. Однако в тексте автореферата приведено еще четыре вывода, они отражают суть

теоретических предпосылок автора и методические подходы к обеспечению долговечности восстановленной трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус» плёнкой полимерного материала, которая должна находиться в состоянии гидростатического сжатия. В принципе выводы возражений не вызывают.

В третьей главе *«Методика экспериментальных исследований»* приведена общая и частные методики экспериментальных исследований автора.

Программа включала исследования (испытания):

- 1) технического состояния деталей трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус»;
- 2) физико-механических свойств полимерного материала;
- 3) эксплуатационные испытания восстановленных трибомеханических систем «кольцо подшипника – корпус» коробок передач транспортно-технологических машин.

По третьей главе, к сожалению выводов не приведено ни в тексте диссертации, ни в автореферате.

В четвертой главе *«Результаты экспериментальных исследований и их анализ»* приведены основные результаты исследования.

Представлены зависимости распределения износа посадочных мест под подшипники первичного и промежуточного валов КП, топология геометрической структуры повреждений поверхности посадочного отверстия в КП, график зависимости предела прочности полимерной плёнки от её толщины, полученное уравнение регрессии в кодовых единицах, описывающее температурно-временную зависимость предела прочности, герметика Loctite 620.

В конце главы приведено два вывода, которые в определенной мере отражают содержание главы и возражений не вызывают.

В пятой главе *«Эффективность использования полимерных материалов для повышения послеремонтной долговечности трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус»»* приведены результаты оценки экономической эффективности применения полимерных материалов и техническая

целесообразность внедрения способа обеспечения послеремонтной долговечности, при этом удельная стоимость ед. наработки снижается с 0,23 руб./км до 0,06 руб./км. Расчетный годовой экономический эффект от внедрения разработанного технологического процесса составил 9894 руб. на одну КП. По пятой главе не сделано никаких выводов.

6. Критические замечания и недостатки

Положительно оценивая рассматриваемую работу в целом, отмечая ее высокий научный уровень, достаточную степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, необходимо отметить следующие недостатки и замечания:

1. Сформулированные автором выводы по результатам исследования по ключевым словам и по тексту не в полной мере коррелируются с задачами исследования.

2. Практически отсутствуют выводы по главам диссертационной работы, что затрудняет оценивание результатов выполненных исследований.

3. В формулировках научной новизны и научных положений, выносимых на защиту, отсутствует указание на их направленность и результативность.

4. По первой главе практически сделан лишь один вывод, который утверждает, что «распространение способа обеспечения послеремонтной долговечности трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус» коробок передач транспортно-технологических машин АПК полимерными материалами сдерживается ввиду недостаточной несущей способности получаемых покрытий, а, следовательно, и долговечности восстановленных трибосистем». Нет выводов по результатам анализа ранее выполненных исследований.

5. Вторая глава диссертации перегружена нерасшифрованными терминами и понятиями, которые являются общепринятыми в специализированных исследованиях упруго-пластичных свойств различных, в том числе и полимерных материалов, однако достаточно редко применяются в сфере эксплуатации машин.

Текст главы воспринимается с трудом, поскольку отсутствуют оговоренные связи с процессами эксплуатации конкретных подшипниковых узлов транспортно-технологических машин.

6. При оформлении диссертации допущены отклонения от требований стандарта ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». (Дата принятия: 2012 г.). В частности, рисунки в диссертации представлены в разной контрастности, некоторые трудно читаемые, например, рис.1, рис. 8, рис. 18 и др.

7. Список литературы оформлен с отклонениями от ГОСТ Р 7.0100-2018 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

7. Выводы и рекомендации

Представленная на оппонирование диссертация является научно-исследовательской работой, в которой на основе выполненных автором обобщений, теоретических, расчетных и экспериментальных исследований найдены пути решения научно-практической задачи обеспечения послеремонтного ресурса трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус» КП транспортно-технологических машин, в связи с малой изученностью проблемы обеспечения работоспособного состояния восстановленных подобных трибомеханических систем в различных режимах нагружения.

Автором по теме диссертации опубликовано 20 печатных научных работ, включая 3 статьи в журналах, индексируемых в международных базах цитирования *Scopus*, 2 статьи в базе цитирования AGRIS, 8 статей в рецензируемых изданиях, указанных в «Перечне ВАК РФ», рекомендованных для публикации материалов и результатов исследований; получено 5 патентов РФ на изобретения и полезную модель, одно свидетельство на программу для ЭВМ.

Диссертация выполнена на современном научном уровне, оформлена аккуратно, представляет собой завершенную самостоятельную научно-квалификационную работу.

Автореферат отражает содержание диссертационной работы, стиль изложения материала способствует пониманию сути выполненной научно-исследовательской работы и позволяет объективно оценить личный вклад автора и полученные результаты исследования.

Заключение

Тщательный анализ содержания диссертации и автореферата позволяет сделать заключение о том, что цель исследования, сформулированная автором, в полной мере соответствует названию работы и сформулированной научной гипотезе. Структура диссертации соответствует требованиям поэтапного решения научно-практической задачи. Научные задачи, поставленные перед исследователем, в основном решены, однако их решения не нашли полного коррелированного отражения в выводах по работе. Научная новизна исследования особых возражений не вызывает.

Диссертация *Вахрушева В.В.* «*Технологическое обеспечение послеремонтного ресурса трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус» коробок передач транспортно-технологических машин АПК*», является самостоятельной, завершенной научно-квалификационной научно-исследовательской работой.

Отмеченные замечания не являются существенными с точки зрения установления степени соответствия содержания диссертации, автореферата автора диссертационного исследования требованиям, содержащимся в п. 9 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней».

Диссертационную работу можно классифицировать как решение серьезной научно-практической задачи, имеющей важное практическое народнохозяйственное значение, она может быть признана научно-

квалификационной, а ее автор **Вахрушев Владимир Владимирович** заслуживает присуждения степен кандидата технических наук по специальности 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве.

Официальный оппонент, профессор кафедры «Транспортные и технологические системы» ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет», доктор технических наук, профессор

Озорнин С.П.

Подпись профессора Озорнина С.П. заверяю
начальник управления кадров Забайкальского государственного университета



Евтущок О.В.

Озорнин Сергей Петрович, доктор технических наук (научная специальность 05.20.03, диплом доктора наук ДК № 027089), профессор (аттестат профессора серия ПР № 001467), профессор кафедры «Транспортные и технологические системы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Забайкальский государственный университет». Почтовый адрес: 672039, г. Чита, ул. Александро-Заводская, 30, кафедра Т и ТС. Т. раб. – 8(3022) 41-73-16. Адрес электронной почты: s.ozornin2013.s@ya.ru