ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, начальника ОТК, ООО ПК «Ходовые системы», Челябинская обл., Веселовского Александра Александровича на диссертационную работу Вахрушева Владимира Владимировича на тему «**Технологическое обеспечение послеремонтного ресурса трибомеханической системы «кольцо подшипника - корпус» коробок передач транспортно-технологических машин в АПК**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

1. Актуальность темы диссертации, ее связь с планами научно-исследовательских работ

Значительная доля затрат и простоев в ремонте приходится на агрегаты трансмиссии и, особенно, на коробку передач. На коробку передач автомобилей, в условиях рядовой эксплуатации, приходится до 76 % всех отказов трансмиссии, и около 50 % отказов КП для зерноуборочных комбайнов. Одной из основных причин отказов КП (около 70 %) являются отказы трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус», ресурс которых ниже расчетного и находится в пределах от 2000 до 3800 мото-ч, а для автомобилей не превышает 150 тыс. км. В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства, существующие способы восстановления такой системы, не обеспечивают межремонтного ресурса, как трибомеханической системы, так и коробки передач в целом.

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

На основании этого автором, Вахрушевым В.В. сформулирована цель исследования – обеспечение послеремонтного ресурса трибомехнической системы «кольцо подшипника – корпус» коробок передач (КП) транспортно-технологических машин в АПК с использованием полифункционального соединения акрилового ряда и технология его применения.

В работе были решены следующие задачи исследования: установить вид и параметры процесса изнашивания деталей трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус», определить напряженно-деформированное состояние пленки полимерного материала в трибомеханической системе «кольцо подшипника-корпус» коробки передач транспортно-технологических машин, определить физико-механические и реологические свойства полимерных пленок из полифункционального соединения акрилового ряда и разработать технологию применения полифункционального соединения акрилового ряда для обеспечения послеремонтного ресурса трибомеханической системе «кольцо подшипника-корпус» коробки передач транспортно-технологических машин, провести ресурсные испытания КП с восстановленными трибомеханическими системами «кольцо подшипника-корпус» и оценить экономическую эффективность предложенной технологии.

Исследование выполнялось в соответствии с темой НИР СибИМЭ СФНЦА РАН № 0778-2019-0023 «Разработать методику формирования адаптируемой системы обеспечения работоспособности мобильных энергетических средств для условий АПК Сибири», выполненной в рамках Государственного задания.

2. Достоверность, обоснованность и новизна основных выводов автора и результатов диссертационной работы

Теоретические положения диссертации, основные выводы и рекомендации обоснованы и подтверждены результатами лабораторных и эксплуатационных экспериментов.

Достоверность полученных экспериментальных данных подтверждается актами испытаний, приведенными в приложении.

Первый вывод констатирует, 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. Вывод достоверен, подтверждается результатами анализа фактической информации и не вызывает сомнений, однако не приведены параметры процесса (процент и скорость сегрегации углерода, температурный режим сегрегации и т.п. характеристики процесса изнашивания). Вывод обширен и содержит гипотезу устранения причины отказа, что не прослеживается в условии задачи.

Во втором выводе отмечено, что 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 подтвержден результатами исследований, приведённых в диссертации, и является достоверным, но не ясно на основании каких исследований (расчетных или экспериментальных) он получен.

Третий вывод, констатирует, 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 0,07 – 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. Вывод является достоверным, научно обоснованным и представляет научную ценность.

В четвертом выводе показано, что экспериментальными исследованиями установлено, что рациональная толщина пленок, с учетом напряженного – деформированного состояния трибомеханической системы «кольцо подшипника -корпус», должна быть в диапазоне от 0,1 до 0,2 мм. Вывод обоснован и подтвержден результатами исследований.

Пятый вывод, свидетельствует, что эффективная температура эксплуатации плёнок полимера составляет от 80 до 100^0 С, что удовлетворяет режимам эксплуата-

ции 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 подтвержден результатами экспериментальных исследований.

В шестом выводе приводится 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 подтвержден актом внедрения результатов диссертационной работы, размещенном в приложении.

В седьмом выводе приведены данные сравнительных испытаний, которыми установлено, что до ремонтный ресурс в КП грузовых автомобилей, при восстановлении полимерным материалом ресурс увеличивается с 84 тыс. км до 103 тыс. км у первичного вала и с 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 гектаров. При этом расчетный годовой экономический эффект от внедрения разработанного технологического процесса составил 9894 руб. на одну КП. Вывод является достоверным и свидетельствует о практической ценности выполненной соискателем работы.

3. Ценность выполненной работы для науки и практики

Научная новизна заключается:

- в совершенствовании методики моделирования напряженно-деформированного состояния методом конечных элементов (МКЭ) однопараметрической 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;

- в обоснованных квалификационных требованиях к полимерному материалу для компенсации износа в трибомеханической системе «кольцо подшипника - корпус» КП

- в закономерностях изменения ресурса восстановленной трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус КП» в зависимости: от условий эксплуатации КП, физико-механических свойств и геометрических размеров пленок полимерного материала.

Практическая значимость: разработана 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.

4. Оценка содержания диссертации, её завершённости в целом

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка и приложений. Объем работы составляет 228 страниц, из них 219 страниц основного текста, 73 рисунка, 3 таблицы. Библиографический список содержит 331 источник.

Во введении обоснована актуальность и степень разработанности темы исследования, сформулированы цель и задачи исследования, объект, предмет исследования, научная гипотеза, научная новизна результатов исследования, теоретическая и практическая значимость работы, основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Технологические способы обеспечения послеремонтного ресурса трибомеханичской системы «кольцо подшипника – корпус» транспортно – технологических машин» проведен сравнительный анализ до ремонтной и послеремонтной долговечности коробок передач транспортно -технологических машин. Представлены конструктивные схемы подшипниковых опор и рассмотрены факторы, определяющие ресурс трибомеханической системы «кольцо подшипника – кор-

пус» коробок передач. Проанализированы технологические способы обеспечения послеремонтного ресурса этой системы.

Во второй главе «Теоретические предпосылки повышения долговечности трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус». Приведена структурная схема и процесс изнашивания трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус», определены факторы, их величины влияющие на процесс изнашивания, а также установлены стадии процесса изнашивания деталей системы. Рассмотрена математическая модель изнашивания деталей системы. Представлена модель перемещения наружного кольца подшипника, на ее основе обоснованы граничные условия прочностных характеристик полимерной пленки. Методом конечных элементов определена несущая способность полимерной пленки в трибомеханической системе «кольцо подшипника – корпус».

В третьей главе «Программа и методика экспериментальных исследований» поставлены цели и сформулированы задачи экспериментальных исследований. Изложена программа и частные методики экспериментального исследования Новизна разработанных методик авторскими свидетельствами и патентами.

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований и их анализ» - приведены основные результаты исследования. Определены: износы отверстий под подшипники качения в корпусах КП и их микрогеометрия, физико – механические и реологические свойства пленок полимерного материала, напряженно-деформированное состояние пленок полимерного материала. Приведены результаты ресурсных испытаний трибомеханических систем «кольцо подшипника – корпус» первичного и вторичного валов КП автомобиля КамАЗ и зерноуборочного комбайна John Deer.

В пятой главе «Эффективность использования полимерных материалов для повышения послеремонтной долговечности трибомеханической системы «кольцо подшипника – корпус»» - проведены результаты экономической эффективности применения полимерных материалов и техническая целесообразность внедрения способа обеспечения послеремонтной долговечности коробок передач.

5. Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

Основные результаты диссертации опубликованы в 26 печатных работах, из них 8 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 3 статьи в рецензируемых зарубежных журналах из базы SCOPUS, две статьи внесены в базу цитирования AGRIS, 7 статей в периодических сборниках, трудах и тезисах международных и всероссийских конференций, получено 5 патентов на изобретения и полезные модели, одно свидетельство на программу для ЭВМ.

6. Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации. Результаты и выводы автореферата соответствуют результатам и выводам диссертационной работы.

7. Замечания по диссертационной работе

1. В разделе 2.1 отсутствует описание процесса изнашивания наружного кольца подшипника, однако в разделе 2.2 этот процесс присутствует;

2. В разделе 2.4 нет верификации конечно-элементной модели несущей способности полимерной пленки. В этом же разделе отсутствует модель трибомеханической системы с граничными условиями;

3. Разделе 3.3 не приведена методика изготовления поверхностей (шлифов) для профилографических исследований изношенных поверхностей. Не обосновано применение метода трехмерной стереографии для профилографирования изношенных поверхностей;

4. В разделе 3.6. не приведена методика получения регрессионной модели, согласно плана эксперимента;

5. Из раздела 4.2 (Рисунок 65) не ясно при каких наработках производились микрометражные исследования;

6. В разделе 4.8. (Рисунки 72, 73) не приведены аналитические зависимости функций плотностей распределения до ремонтных и послеремонтных наработок коробок передач.

8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертационная работа Вахрушева Владимира Владимировича «**Технологическое обеспечение послеремонтного ресурса трибомеханической системы «кольцо подшипника - корпус» коробок передач транспортно-технологических машин в АПК**» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, имеющую научное и практическое значение.

Диссертация отвечает требованиям и критериям п. 9 (абзац 2) п.п. 10-14 Положения о присуждении ученых степеней Министерства образования и науки РФ утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013, № 842, применительно к кандидатским диссертациям а её автор, Вахрушев Владимир Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.03 - Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве.

Официальный оппонент, кандидат технических наук, (05.16.01 - Металловедение и термическая обработка металлов), доцент, начальник ОТК,
Общество с ограниченной ответственностью
ПК "Ходовые системы" _____ А.А. Веселовский

19.11.2021г.

Веселовский Александр Александрович – доцент, кандидат технических наук, Начальник ОТК, общество с ограниченной ответственностью ПК "Ходовые системы"
Тел: +7 9823630986, e-mail: a_a_ves@mail.ru
Адрес служебный: Общество с ограниченной ответственностью ПК "Ходовые системы"456591, Челябинская область, Еманжелинский район, п. Зауральский, ул. Труда, 1А
Тел: +7(35138) 2-19-73, +7(35138) 4-00-11

Подпись, должность, ученую степень, ученое звание Веселовского А.А. удостоверяю.

Начальник отдела кадров _____ О.С. Плескачева