

Отзыв

официального оппонента доктора технических наук, доцента
Федорова Сергея Константиновича на диссертационную работу
Лапаева Андрея Валентиновича на тему: «Восстановление соединений
«вал–манжета» подшипниковых узлов сельскохозяйственной техники»,
представленную к защите в диссертационный совет 35.2.030.03 на базе
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева» на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и
оборудование для агропромышленного комплекса.

Актуальность темы диссертации. В современных условиях развития отечественного машиностроения основной упор сделан на инновационные и технологические решения, где одной из задач является развивающее импортозамещение, т.е. минимизация зависимости от импортных комплектующих, на основе результатов отечественных разработок.

Практически на всех направлениях сельскохозяйственного производства используется техника, в конструкцию которой входят уплотнительные устройства. Эффективность использования машинотракторного парка зависит от применения уплотнительных устройств, обеспечивающих необходимый ресурс в требуемых условиях эксплуатации и хранения.

Восстановление работоспособности соединений «вал–манжета» подшипниковых узлов в кратчайшие сроки является важным направлением развития ремонта техники в сельском хозяйстве.

В связи с этим диссертационная работа на тему «Восстановление соединений «вал–манжета» подшипниковых узлов сельскохозяйственной техники» является актуальной, а предложенные Лапаевым А.В. способы восстановления ресурса уплотнительных устройств узлов сельскохозяйственной техники имеют научную и практическую ценность.

Методологическая и методическая основа исследований включает комплексную методику исследований, включающую теоретический анализ, лабораторные, стендовые и эксплуатационные испытания уплотнительных узлов. При теоретическом исследовании использовались законы механики, триботехники, статистики. Экспериментальные исследования включали в себя: определение физико-механических свойств рабочей поверхности втулки с использованием стандартных методик. При обработке собранной информации и полученных результатов использовались вероятностно-статистические методы.

Структура и общая оценка содержания работы.

Диссертация изложена на 137 страницах машинописного текста, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Список литературы составляет 136 наименований источников цитирования, в том числе 8 зарубежных.

Во введении показана актуальность темы диссертации, научная новизна и практическая значимость результатов исследований, сформулированы цели и задачи исследований, приведены положения, выносимые на защиту.

В первой главе дан анализ сельскохозяйственной техники, используемой в последние годы в России, анализ условий ее эксплуатации и их влияние на работоспособность соединений «вал–уплотнение»; рассмотрены уплотнения, применяемые в подшипниковых узлах, дефекты в соединениях «вал–манжета», требования к поверхностям валов контактирующим с манжетами; проведен анализ методов восстановления и упрочнения рабочей поверхности валов в зоне контакта с манжетой; выбраны два способа упрочнения рабочей поверхности детали, обеспечивающие необходимую твердость и исключающие коробление: электролитическое покрытие на основе хрома (температура при обработке 45–55 °С, микротвердость HV11000–16000 МПа); физическое осаждение TiN (температура 200–450 °С, микротвердость более 21000 МПа).

Во второй главе обоснованы основные параметры тонкостенных ремонтных втулок, позволяющие восстановить соединение «вал–манжета» и увеличить ресурс уплотнительного узла.

Получена формула для определения толщины тонкостенной втулки, в зависимости от суммарного удельного контактного усилия, действующего на эластичный элемент манжеты.

Определена минимальная твердость, при которой разрушение рабочей поверхности втулки невозможно.

Определены параметры микрорельефа, обеспечивающие оптимальные эксплуатационные свойства поверхности втулки.

В третьей главе приводится методика проведения экспериментальных исследований для определения влияния предлагаемых тонкостенных втулок на работоспособность соединения «вал–манжета». Разработан план проведения экспериментальных исследований, включающий: испытания рабочей поверхности втулок на износостойкость при трении о нежестко закрепленные абразивные частицы; испытания для определения сил трения и температуры в зоне контакта втулки с манжетой; испытания для определения износостойкости исследуемых соединений; эксплуатационные испытания тонкостенных ремонтных втулок. В целях контроля износа рабочей поверхности тонкостенных ремонтных втулок использовано профилографирование. Разработан и изготовлен стенд для проведения испытаний соединений «вал–манжета».

В четвертой главе представлены результаты исследований.

Определена толщина тонкостенной ремонтной втулки обеспечивающая работоспособность соединения $S_B = 0,25–0,8$ мм. Минимальная толщина связана со сложностью изготовления детали. Изготовлены ремонтные втулки толщиной 0,25–0,35 мм из стали 40Х и стали AISI 321.

Вычислено минимальное значение микротвердости рабочей поверхности тонкостенной ремонтной втулки – 14700 Мпа.

Выбранные методы упрочнения (PVD-метод и хромирование) позволили получить образцы тонкостенных втулок с заданными параметрами шероховатости и микротвердости поверхности.

Стендовых испытания проводились с 4 вариантами трибосоединений, состоящими из стандартных манжет и втулок: из стали 45, из стали AISI 321, из стали AISI 321с упрочнением рабочей поверхности ХТВ 21, из стали AISI 321с упрочнением TiN.

В ходе испытаний на износостойкость при трении о нежестко закрепленные абразивные частицы получены значения относительной износостойкости (K_i) рабочих поверхностей втулок. Получено экспериментальное подтверждение практически отсутствия разрушения поверхности при критерии твердости $K_t > 0,7$ (для TPB упрочненных TiN $K_i = 32,1$ при $K_t = 0,97$ относительно оксида алюминия).

Испытания по определению сил трения и температуры в соединении «вал–манжета» показали, что тонкостенные ремонтные втулки, изготовленные из стали AISI 321 и TPB из стали AISI 321, упрочненные TiN, имеют трибологические свойства превосходящие свойства эталонных образцов на всех этапах испытаний - по силе трения пуска до 10%, по установившейся силе трения до 33 и 43 % соответственно.

Испытания на износостойкость исследуемых образцов показали, что износ рабочей поверхности TPB упрочненных TiN составил 10% от износа эталонной втулки. Износостойкость трибосоединений «вал–манжета», с TPB упрочненными TiN, относительно эталонного образца увеличилась на 22%, а с TPB из стали AISI 321 без упрочнения рабочей поверхности – на 10%.

Эксплуатационные испытания продолжаются на базе предприятия СПК «КОЛОС». Тонкостенные ремонтные втулки установлены на валы шестерен передних ведущих мостов тракторов БЕЛАРУС – 82. Промежуточные результаты испытаний показали, что тонкостенные ремонтные втулки можно использовать для эффективного ремонта техники, обеспечивая

восстановление работоспособности соединения «вал–манжета» и увеличения ресурса узла.

В пятой главе определен экономический эффект применения предлагаемой тонкостенной ремонтной втулки, который показал, что стоимость ТРВ из стали AISI 321 без упрочнения составила 430 руб., из стали AISI 321 с упрочнением TiN – 580 руб., что составляет 1/16 стоимости втулки иностранных производителей.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна подтверждается данными полученными при теоретическом обосновании результатов работы и экспериментальных исследованиях в ООО «Химкрофф», ООО «ВМ–Технологии», СПК «КОЛОС», ФГБОУ ВО «РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева», ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»» г. Москва, обработкой результатов по общепринятым методикам с использованием программ Microsoft Excel, публикациями основных положений диссертации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

Выводы по диссертационной работе соответствуют поставленным задачам и являются логическим завершением разработанных теоретических положений и результатов исследования.

Научная новизна результатов исследований заключается в обосновании параметров тонкостенной ремонтной втулки, обеспечивающие восстановление соединений «вал–манжета» подшипниковых узлов, работающих в условиях абразивного изнашивания.

Значимость результатов исследований для науки и практики. Проведен анализ парка и условий работы сельскохозяйственной техники, а также дефектов деталей соединения «вал–манжета» подшипниковых узлов. Подробный анализ методов восстановления и упрочнения посадочных поверхностей валов позволил выбрать способ, позволяющий восстановить работоспособность соединений «вал–уплотнение» узлов

сельскохозяйственной техники в минимальные сроки. Приведены зависимости для определения параметров тонкостенных ремонтных втулок и выбраны оптимальные способы упрочнения их поверхностного слоя, обеспечивающие работоспособность соединения «вал-манжета». Разработан технологический процесс изготовления тонкостенной ремонтной втулки для восстановления поверхности вала. Изготовлены образцы втулок с заданными параметрами для проведения экспериментальных исследований. Стендовые испытания показали увеличение износостойкости рабочей поверхности втулки упрочненной TiN по сравнению с серийными валами практически в 10 раз. Себестоимость предложенных тонкостенных ремонтных втулок в 16 раз меньше стоимости зарубежных аналогов.

Исследования, проведенные при выполнении диссертационной работы, доказали эффективность применения тонкостенных ремонтных втулок для ремонта соединений «вал–манжета» подшипниковых узлов сельскохозяйственной техники.

Степень завершенности диссертации и качество оформления.

Проведенный автором анализ, рассматриваемые вопросы, результаты теоретических и экспериментальных исследований, выводы, сделанные в диссертации, показывают полноту проработки темы и доказывают решение поставленных научных задач. Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, написана технически грамотным языком, по структуре содержания и объему, стилю изложения и оформлению соответствует требованиям ВАК Минобрнауки РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Диссертационная работа соответствует пункту 20 паспорта научной специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Основные результаты диссертации опубликованы в 4 работах рецензируемых научных изданиях, в том числе три публикации – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Содержание автореферата соответствует предъявляемым требованиям и достаточно полно отражает основные положения и научные результаты диссертационной работы, вынесенные на защиту.

Замечания и пожелания по диссертационной работе:

1. Исходя из содержания и выполненных соискателем исследований цель работы следовало бы представить в следующей формулировке «Обосновать, разработать, исследовать и рекомендовать предприятиям метод восстановления соединений «вал-манжета» подшипниковых узлов сельскохозяйственной техники.

2. Задачи исследования. Пункт 1, с. 49. «Проанализировать и систематизировать основные причины нарушения работоспособности и существующие методы восстановления поверхностей валов под манжету».

3. Задачи исследования. Пункт 4, с. 49. «Разработать технологию и практические рекомендации восстановления соединений «вал-манжета» по применению в промышленности, ремонтных организациях и в учебном процессе».

4. Вторую главу уместнее было бы озаглавить следующим образом: «Теоретические основы метода восстановления соединений «вал-манжета» за счет обоснования параметров тонкостенной ремонтной втулки».

5. Теоретические зависимости с 5 по 16 (с. 9. автореферата) сложны для понимания, т.к. не на все параметру даны расшифровки, хотя в диссертации они приведены на с. 51.

6. Приведенное на с.35 значение микротвердости после цементации – 14000 Мпа не корректно, т.к. следовало бы указать, что такое значение микротвердости цементированного слоя получается после закалки и низкого отпуска.

7. Приведенная на рис. 2.5 диссертации и рис. 3 автореферата схема абразивного изнашивания должнв быть не в статике, а в кинематике при вращении вала.

8. Обозначение твердости (с. 87, зависимости 2.17-2.18 уместнее было бы обозначить через общепринятое значение для поверхностных слоев HV).

9. На с. 61 при определении толщины масляной пленки имеется ссылка на формулу 2.20, хотя в действительности надо указать 2.21.

10. Рис. 2.7 и зависимости 2.22-2.23 на с. 62 приводить не следовало, т.к. это отражено в ГОСТ 2789 и является общеизвестным и обязательным для исполнения.

11. Формулировка «увеличение высоты шероховатости» не корректна. Следовало бы указать «увеличение высотных параметров микронеровностей».

12. Не совсем понятны термины на с. 63 «трудные условия трения» и «менее трудные условия трения».

13. При обозначении параметра и значения шероховатости не следует указывать символ равно (=) с/63, 65.

14. В табл. 3.1, с. 69 следовало бы указать размерность и микротвердость поверхностного слоя. Вместо термина «количество оборотов ролика» следовало бы указать «частота вращения ролика» и ее размерность.

15. Не совсем понятно на с. 79, что обозначает «500 м/ч».

16. Табл. 4.2, с. 88 вместо «заготовки ремонтных втулок» следовало бы указать «материал заготовки». В графе 2 непонятен символ для стали 40Х более 0,63 «среднее значение Ra, мкм».

17. Непонятно утверждение соискателя с. 90, что шероховатость рабочих поверхностей всех деталей соответствует ГОСТ 8752-79.

18. Непонятно, что имелось ввиду в выражении с. 90 «лучший микрорельеф у ТРВ у стали AISI 321, без упрочнения», хотя в табл. 4.4 наименьшей высотой микронеровностей обладает сталь AISI 321 после хромирования и физического осаждения PVD, TiN.

Отмеченные замечания и пожелания не влияют на качество рассматриваемой диссертационной работы и не снижают практической ценности и научного уровня проведенных исследований Лапаева А.В.

Заключение по диссертационной работе:

Диссертационная работа на тему: «Восстановление соединений «вал–манжета» подшипниковых узлов сельскохозяйственной техники» соответствует требованиям пунктов 9–14 положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, представляет законченную научно-квалификационную работу, а автор диссертационной работы Лапаев Андрей Валентинович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, доцент, профессор
кафедры «Технологии обработки материалов»

Московского государственного технического
университета имени Н.Э. Баумана



С.К. Федоров

Контактные данные: Федоров Сергей Константинович, доктор
технических наук (05.20.03 - Технологии и средства технического
обслуживания в сельском хозяйстве, 2009 г.),

доцент. E-mail: fedorovsk@bmstu.ru

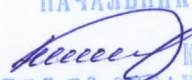
Московский государственный технический университет имени Н.Э.
Баумана.

105005, Москва, 2-ая Бауманская ул., дом 5, стр. 1 8 (499) 267-02-36.

Подпись и контактные данные Федорова Сергея Константиновича
заверяю:



«ВЕРНО»

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА

КИНЯГИНА А.Н.
ОТДЕЛ ПО ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ
ЕДИНОЙ ПРИЕМНОЙ УКСИМ
МГТУ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА
27.10.2025