

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, доцента Величко Сергея Анатольевича на диссертационную работу Голиницкого Павла Вячеславовича, выполненную на тему «Повышение долговечности опор скольжения сочетанием точностных и технологических методов восстановления деталей соединения», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки) в диссертационный совете 35.2.030.03, созданным на базе ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева

1. Актуальность избранной темы

В сфере производства сельскохозяйственной продукции задействовано большое количество машин и оборудования, работа которых сопровождается износом деталей и как следствие снижением технико-эксплуатационных показателей. Эффективное использование машинно-тракторного парка в сельском хозяйстве в значительной степени определяется уровнем организации технического сервиса. Создание хорошо организованной в технологическом и техническом аспектах сети предприятий технического сервиса машин является непременным условием успешной работы аграрного сектора экономики.

Двигатель внутреннего сгорания является важнейшим компонентом самодвижущейся техники, в том числе и сельскохозяйственной, в которой широкое распространение получили двигатели Ярославского моторного завода, обладающие высокой ремонтпригодностью и позволяющие увеличить срок службы машины в целом. Применение в процессе ремонта двигателей высокоточных и технологичных методов восстановления деталей позволяет повысить долговечность соединений, а применение элементов «Индустрии 4.0», которая строится на использовании концепции умного производства, хранения и обмене данными в киберпространстве - приблизить послеремонтные характеристики деталей к состоянию новых.

Диссертационная работа Голиницкого П.В., объединяющая цифровой и классический подход к восстановлению деталей, является актуальной, а достижение поставленной цели вносит значительный вклад в развитие современной инженерно-технической системы АПК России.

2. Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Положения, выносимые на защиту сформированы на основе последовательного решения поставленных в диссертационном исследовании задач и представляют собой результаты научной и практической деятельности. Они обоснованы, являются достоверными, объективно существуют, и не являются следствием ошибочных построений и умозаключений соискателя. Выводы, представленные в диссертации, прошли успешную апробацию на научных конференциях российского и международного уровней.

По результатам теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в соответствии с поставленными задачами, сформулировано девять выводов.

Вывод 1 констатирует, что получена теоретическая зависимость для расчета минимальной толщины масляного слоя с целью обеспечения несущей способности и математическое выражение для определения наименьшего зазора в посадке в зависимости от минимальной толщины масляного слоя.

Вывод соответствует первой поставленной задаче, достоверен и основывается на гидродинамической теории смазки, учитывающей отклонения формы и расположения сопрягаемых деталей, образующих соединение в подшипнике скольжения.

Вывод 2 свидетельствует о разработанной теоретической модели выбора рациональных способов восстановления двух деталей, входящих в соединение, с учетом параметров точности и стоимости ее обеспечения. Вывод соответствует второй поставленной задаче, достоверен, т.к. сделан на основе анализа модели параметрического отказа показывающей, что применение метода цифрового

подбора пар трения позволяет достигнуть наибольшего запаса материалов на износ для условий мелкосерийного ремонтного производства и целесообразности его использования при формировании соединений валов с втулками подшипников скольжения.

Вывод 3 соответствует третьей поставленной задаче и свидетельствует о том, что теоретически обосновано использование метода обжата при восстановлении бронзовых втулок по критерию сохранения геометрической устойчивости. Вывод достоверен, а полученные результаты основаны на изучении математических моделей, описывающих напряжения и деформации при объемном обжате полых цилиндрических деталей типа втулок, полученных российскими учеными Кочкиным В.А., Перлиным И.Н., Губкиным С.И. и др.

Вывод 4 соответствует четвертой поставленной задаче и сообщает о том, что проведены практические эксперименты и разработана технология восстановления внутренних поверхностей подшипников скольжения с износом до 0,8 мм, изготовленных из бронзы БрО5Ц5С5, путём объёмного обжата с последующим электроконтактным напеканием на наружные поверхности втулок металлических порошков ПХ-30 и ПР-Н80Х13С2Р.

Вывод обоснован и является достоверным, т.к. сделан на основании большого числа экспериментальных исследований, проведенных по апробированным методикам с использованием современного научно-исследовательского оборудования.

Вывод 5 соответствует пятой поставленной задаче и показывает, что применение цифровых технологий приводит к значительному снижению исправимого и неисправимого брака, а также уменьшению реальной зоны рассеяния размеров после контроля.

Оценка точности обработки опорных шеек распределительных валов под ремонтный размер проведена с помощью диаграмм размаха, контрольных карт и графиков до и после применения элементов цифровизации, что подтверждает высокую степень достоверности полученных результатов.

В выводе 6 обоснован метод цифрового подбора пар трения – опорных шеек распределительных валов с втулками – метод реализован на базе процессной

модели в нотациях IDEF0, BPMN и EPC, цифровой маркировки в виде QR-кода и Data Matrix, для автоматизации сбора данных и мониторинга эффективности процессов, а также анализа зазоров, полученных путем цифрового подбора в соединении.

Вывод соответствует шестой поставленной задаче, а достоверность вывода подтверждается сочетанием методологической обоснованности (использование стандартизированных нотаций моделирования и методов маркировки), технической реализуемости (автоматизация сбора данных и интеграция с производственными системами), практической применимости (анализ зазоров и мониторинг эффективности) и верификации через эксперименты, документацию и экспертную оценку.

В выводе 7 указывается, что использование цифровых технологий при выполнении операций дефектации и контроля, позволяет снизить временные потери благодаря систематизации и моделированию собираемых данных, а на этапе принятия решения о целесообразности ремонта позволяет уменьшить влияние человеческого фактора, снизить трудоёмкость процесса дефектации, а также осуществить эффективный мониторинг производственных процессов.

Вывод соответствует седьмой поставленной задаче, обоснован и является достоверным, т.к. сделан на основе анализа большого числа экспериментальных исследований и применении современных средств цифровых технологий.

Вывод 8 соответствует восьмой поставленной задаче и свидетельствует о том, что замена аналоговых средств измерений на цифровые, позволяет снизить количество неправильно принятых и неправильно забракованных деталей.

Вывод 9 соответствует девятой поставленной задаче. В выводе отражены результаты проведённого расчёта экономической эффективности от использования комбинированного метода восстановления втулок под опорные шейки распределительных валов, итоги применения цифровых средств измерений и результаты увеличения срока службы исследуемых соединений за счёт цифрового подбора пар трения.

3. Ценность результатов исследований для науки и практики

Ценными для науки являются:

1. Математическая зависимость, позволяющая определить величину минимального зазора в подшипнике скольжения по критерию обеспечения наименьшей толщины масляного слоя с учетом микро- и макро- геометрии деталей, образующих соединение.

2. Теоретическая модель, позволяющая осуществить рациональный выбор способов восстановления двух сопрягаемых деталей, входящих в соединение с зазором, с учетом параметров надежности, точности и стоимости обработки.

3. Метод цифрового подбора диаметров валов и втулок, позволяющий достичь гарантированного наименьшего зазора и наибольшего запаса на износ в соединении.

4. Математические выражения по расчету геометрических параметров деформирующей матрицы в зависимости от величины изнашивания внутренней поверхности втулки без потери её геометрической устойчивости.

5. Комплексный подход к применению цифровых инструментов на ремонтном предприятии, объединённых в единую информационную среду (ЕИС).

6. Определённые задачи и требования к применяемым цифровым инструментам в рамках ЕИС.

Практическую ценность работы представляют:

1. Технологические решения, позволяющие осуществлять объёмное обжатие втулок с целью формирования внутреннего отверстия под вал ремонтного размера с последующим восстановлением наружной поверхности под номинальный размер методом электроконтактного напекания стальных порошков на бронзовое основание, а также технологии обработки внутренних поверхностей втулок заданного размера в пределах $\pm 0,002$ мм.

2. Цифровая маркировка деталей для применения в условиях мелкосерийного ремонтного производства, позволяющая автоматизировать подбор пар трения по критерию обеспечения наибольшего запаса на износ.

3. Рекомендации по проведению имитационного моделирования процессов

ремонтного производства.

4. Рекомендации по замене аналоговых средств измерений на цифровые.
5. Система принятия решений о необходимости проведения ремонта, ориентированная на достижение наибольшего остаточного ресурса соединения.
6. Рекомендации по применению метода цифрового подбора.

4. Структура и оценка содержания диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав основной части, заключения, списка литературы из 176 наименований и приложений. Объем работы составляет 264 страницы, работа иллюстрирована 132 рисунками и поясняется 48 таблицами.

Во введении дана общая характеристика работы, включающая актуальность темы, степень разработанности поставленных проблем, цель и задачи диссертационного исследования, определены объект и предмет исследования, указаны методы исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая ценность результатов исследования.

В качестве замечаний следует отметить:

1. В пункте «Степень проработанности темы» следовало бы упомянуть фамилию профессора Сенина П.В., чьи работы были посвящены обеспечению точности технологических и динамических размерных цепей сборочных единиц при необезличенном ремонте с использованием принципов функциональной взаимозаменяемости. Например, монография: Сенин П.В. Повышение надежности мобильной сельскохозяйственной техники при ее необезличенном ремонте. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2000. – 124 с.

2. Задачи, выносимые на защиту, не пронумерованы, откуда последовательность их решения определяется последовательностью их расположения. Так не должно быть.

3. Во введении следовало бы сформулировать научную гипотезу определяющую траекторию исследовательского поиска.

В первой главе «Состояние вопроса и задачи исследования» представлен

анализ надежности соединений с зазором, рассмотрены конструктивные элементы подшипников скольжения, применяемых в автотракторных двигателях, способы восстановления втулок и валов, проанализирована возможность применения цифровых технологий в условиях ремонтного производства. По результатам анализа состояния вопроса сделаны выводы.

Замечания по первой главе:

1. Из проведенного обзора состояния вопроса и сделанных выводов по первой главе логически следует постановка задач. Однако задачи представлены во введении, что затрудняет установление связи проведенного анализа с поставленными в работе задачами.

2. Не ясно, почему соискатель принял решение восстанавливать изношенные втулки, а не использовать ремонтные. Очевидно, что себестоимость восстановления гораздо выше, чем изготовление ремонтной.

3. Следует пояснить: термин «запас на износ» соискатель придумал сам, или это гостированный термин.

Во второй главе представлены теоретические основы получения соединения распределительный вал – втулка и восстановления втулок. Рассмотрено влияние параметров геометрической точности на величину масляного слоя, способы обеспечения зазора в соединении распределительный вал – втулка: метод полной взаимозаменяемости, селективной сборки и цифрового подбора. Сделана попытка обоснования выбора рациональных способов восстановления подвижных соединений, учитывая точностные и экономические показатели. Определены оптимальные конструктивные параметры обжимной матрицы при объемном обжатии втулок. Приведены теоретические расчеты возможности электроконтактного напекания стальных порошков на бронзовые детали.

Замечания по второй главе:

1. В работе не приведены сведения о влиянии изменения поля допуска при применении селективной сборки на величину брака валов.

2. Из теоретического расчета возможности электроконтактного напекания стальных порошков на бронзовые детали не ясно: как в представленных

зависимостях учитывается напекание именно стальных порошков. Кроме того, соискатель, используя известные формулы теории сварочных процессов не указывает ссылки на литературные источники.

3. По тексту главы встречаются орфографические ошибки, например, в названии параграфа 2.3. Также имеют место нарушения нумерации ссылок на формулы. Например, на стр. 50 дана ссылка на формулу 2.24, должно быть 2.1. В расшифровках формул отсутствуют единицы измерения.

В третьей главе представлена общая методика исследований влияния обжата и параметров напекания стального порошка, включающая в себя методику получения и изучения физико-механических свойств восстанавливаемой бронзовой втулки методом объемного обжата с напечённым на наружную поверхность металлическим порошком, а также методику определения геометрических параметров втулки после обжата и изучения микроструктурных изменений бронзового оловянистого сплава после объёмного обжата и напекания металлических порошков.

Замечания по третьей главе:

1. Содержание параграфа 3.2 не в полной мере соответствует названию, т.к. отсутствует описание оборудования, принятого для обжата и его технические характеристики. Так же не указывается сила необходимая для проведения объемного обжата, которая должна быть обеспечена выбранным оборудованием.

2. В параграфе 3.1.1 соискатель указывает, что для измерений внутренних диаметров втулок использовался нутромер, однако, не указывает точность измерения используемой индикаторной головки.

3. При определении факторов, влияющих на параметры напекания стального порошка методом многофакторного эксперимента отсутствует обоснование верхних и нижних значений уровней варьирования факторов.

4. При выборе порошка на основе железа (стр.102) условием выбора является уменьшение изнашивания восстанавливаемой наружной поверхности втулки. Однако конструкция подшипников скольжения (параграф 1.2) показывает, что эта поверхность является посадочной и не подвергается трению. В связи с этим следует пояснить целесообразность оценки твердости и

интенсивности гидроабразивного изнашивания восстановленной поверхности.

В четвертой главе представлены результаты исследования влияния технологических параметров на восстановления бронзовых втулок. Определены оптимальные конструктивные параметры обжимной матрицы, получены зависимости изменения наружного и внутреннего диаметров втулки от технологических параметров объемного обжата, установлена оптимальная длина цилиндрического пояса деформирующей матрицы. По описанным в третьей главе методикам проведен выбор температуры напекания, определены прочность сцепления, твердость, плотность и износостойкость напеченного слоя. На основе проведенных исследований и полученных результатов разработаны технологические рекомендации по восстановлению бронзовых втулок.

Замечания по четвертой главе:

1. Следует объяснить наличие на графиках 4.1 и 4.2 выступов между значениями 1,38; 1,37 и 1,36 в диапазоне угла альфа 15-20 град.

2. Значения на графиках 4.1-4.8 следовало бы аппроксимировать полиномом первой степени и определить уравнение регрессии полученной зависимости с оценкой достоверности по критерию коэффициента детерминации (R^2).

3. Содержание параграфа 4.3. не соответствует названию «Технологические рекомендации по восстановлению втулок», т.к. в нем представлен только перечень последовательных операций направленных на восстановление бронзовых втулок и режимы напекания порошковых присадочных материалов. Заявляя название параграфа как «Технологические рекомендации...», следовало бы представить полную информацию о технологии, с указанием оборудования, режимов, режущего и мерительного инструмента с указанием штучного времени для последующего определения трудоемкости операций и расчета себестоимости восстановления.

В пятой главе дано обоснование применения цифровых технологий на ремонтном предприятии. Соискатель аргументированно обосновывает целесообразность применения процессного подхода. Для создания моделей процессов верхнего уровня наилучшим образом подходит методология структурного анализа и проектирования (SADT) формализацией которой является

нотация описания интегрированного автоматизированного производства для функционального моделирования (IDEF0). Для обеспечения прослеживаемости деталей во время движения по производственному процессу соискатель предлагает использовать маркировку типа QR-код и Data Matrix в которых будет закодирован адрес внутренней интернет-страницы. Применение цифровых средств измерения направлено на в снижении рисков, связанных с человеческим фактором при сборе данных. Оптимизация процесса дефектации распределительного вала производилась исходя из процента выбракованных изделий и затрачиваемого времени на проведение операции. Поскольку расхождение между моделями и реальными данными процесса не превысила 5%, можно утверждать, что при правильном подходе к моделированию необходимая точность достижима даже при процессах, связанных с высокой степенью неопределённости.

Замечания по пятой главе:

1. Представленные в пятой главе результаты применения цифровых технологий на ремонтном предприятии безусловно являются инновационными и актуальными для современных предприятий технического сервиса. Однако было бы целесообразным разъяснить, как и посредством каких средств все представленные алгоритмы могут быть реализованы на практике.

В шестой главе представлена технико-экономическая оценка предлагаемых в работе технических и технологических решений. Представлен расчет себестоимости одной восстановленной втулки при использовании исследуемых металлических порошков ПР-Н80Х13С2Р и ПХ-30. Результаты расчета показывают экономическую целесообразность разработанной технологии восстановления. Применение цифровых средств измерений при дефектации распределительного вала и его сопряжения с втулкой показало, что снижаются потери, вызванные исправимым и неисправимым браком, позволяющие компенсировать потери от их внедрения. В результате проведённого расчета экономической эффективности выявлено, что увеличение срока службы соединения распределительный вал – втулка позволит снизить затраты более, чем на 3 млн руб., а амортизационные отчисления на 24 тыс. руб. при программе

ремонта 1000 двигателей в год.

Замечания по шестой главе:

1. Вероятно имеет место описка на странице 211, где соискатель пишет о том, что экономическая оценка производилась для технологии, представленной в главе 5. Однако в пятой главе сведения о технологии не представлены, а в четвертой главе имеют место только кратко сформулированные технологические рекомендации.

2. Из представленных расчетов не ясно, на сколько актуальны принятые для расчетов цены на оборудование, материалы, тарифы на электроэнергию и др., т.к. в работе отсутствуют ссылки на эту информацию.

В заключении диссертации представлены итоги выполненного исследования в виде девяти выводов, сформулированы рекомендации производству, которые имеют огромное значение для эффективного использования результатов на практике, а также, указаны перспективы дальнейшей разработки темы, заключающиеся в развитии системы управления производственными процессами предприятий технического сервиса на основе применения цифровых технологий.

5. Завершенность и качество оформления диссертации.

В целом диссертационная работа представляет собой завершенный научный труд. Все структурные элементы, оформлены согласно ГОСТ 7.0.11-2011. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационного исследования.

Заключение

Диссертационная работа Голиницкого Павла Вячеславовича, выполненная на тему «Повышение долговечности опор скольжения сочетанием точностных и технологических методов восстановления деталей соединения» является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, направленные на разработку способов и

методов обеспечения норм точности при ремонте во взаимодействии со способами восстановления, позволяющими увеличить долговечность соединений с зазором.

Диссертация имеет внутреннее единство и соответствует пунктам направлений исследований: 20 «Методы и технические средства обеспечения надежности, долговечности, диагностики, технического сервиса, технологии упрочнения, ремонта и восстановления машин и оборудования» и 12. «Цифровые интеллектуальные технологии, автоматизированные и роботизированные технические средства для агропромышленного комплекса» паспорта научной специальности 4.3.1 Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертационная работа соответствует критериям, указанным в п. 9, 10, 11, 13 и 14 постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. N 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Голиницкий Павел Вячеславович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки).

Официальный оппонент –

профессор кафедры технического сервиса машин

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»

доктор техн. наук по специальности

05.20.03 – Технологии и средства технического

обслуживания в сельском хозяйстве,

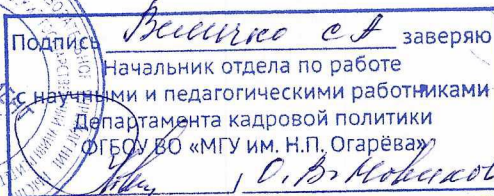
доцент



« 18 » мая 2026г.

С.А. Величко

Величко Сергей Анатольевич



Сведения об официальном оппоненте

Величко Сергей Анатольевич

доктор технических наук по специальности 05.20.03 – Технологии

и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

доцент

профессор кафедры технического сервиса машин

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный

университет им. Н.П. Огарева» (ФБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева»)

430000, г. Саранск, ул. Большевикская, 68

Телефон: 8-(8342)-25-44-50; 89271943750

E-mail: velichko2005@yandex.ru

<https://mrsu.tu/ru/men/detail.php?ID=7025>

