

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Ерофеева Михаила Николаевича на диссертационную работу Голиницкого Павла Вячеславовича: «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 агропромышленном комплексе до 55% используемой техники превышает заложенные заводом-изготовителем сроки эксплуатации, тем самым снижая их надежность. Сложившиеся внешние факторы не позволяют предприятиям своевременно производить обновление парка машин, что повышает значимость ремонтно-восстановительных работ, направленных на получение соединений по своим характеристикам, приближенным к новым. Ремонтопригодность отечественной техники, обеспеченная наличием ремонтных размеров ключевых сборочных единиц, является её основной особенностью, позволяющей обеспечить долгую эксплуатацию без утраты ключевых характеристик.

Автор справедливо отмечает, что ремонтные предприятия имеют низкую долю применения цифровых технологий из-за неадаптированности методик, нацеленных в первую очередь на крупные машиностроительные предприятия, что не позволяет в полной мере использовать заложенный потенциал в точностных и технологических методах.

На основании проведенного автором в первой главе диссертации анализа критериев надёжности машин установлено, что наиболее важным является долговечность, которая должна быть обеспечена и в послеремонтный период, а научно-методический подход по объединению точностных методов с рациональными способами восстановления, с учетом современных цифровых технологий, объединенных в единую информационную среду – все это позволяет повысить параметры послеремонтной надежности машин.

В этой связи возникает необходимость научного обоснования комбинации точностных и технологических решений, позволяющих обеспечить выбор рационального способа восстановления деталей, входящих в соединение, достижения необходимых параметров, разработки точностного метода, основанного на индивидуальном подборе деталей соединения с использованием цифровых инструментов, методологии применения цифровых инструментов на ремонтном предприятии. Реализация данного

комплексного подхода, позволяющего достичь уровня долговечности деталей соединений, прошедших восстановление, сопоставимого с новыми, несомненно, является крупной научной проблемой.

В отличие от известных работ, выполненных в этой области, автором в работе предложен комплекс научно-технических и организационных мероприятий по совершенствованию процессов и подходов к восстановлению деталей в условиях мелкосерийного ремонтного производства на основе разработанной методики применения цифровых технологий, позволяющей реализовать индивидуальный подбор пар трения, прошедших восстановление, исходя из предложенной модели выбора способов восстановления деталей на основе параметров надежности, точности и стоимости обработки.

Автором по теме диссертации опубликовано 46 научных работах, в том числе 12 работ - в ведущих журналах и изданиях, рекомендованных для публикаций ВАК России, получено 8 патентов и свидетельств. Материалы диссертации прошли широкую апробацию на межвузовских, международных и всероссийских конференциях и семинарах.

Диссертационная работа Голиницкого Павла Вячеславовича построена в традиционном стиле, содержит введение, шесть глав, заключение, список использованных источников и приложения.

Оценивая новизну изложенных в диссертационной работе исследований и практического использования полученных результатов, следует отметить, что в целом НАУЧНАЯ НОВИЗНА РАБОТЫ заключается в систематизации, развитии и реализации научно-методических основ повышения долговечности опор скольжения путём применения разработанного автором метода цифрового подбора по критерию обеспечения наименьшего зазора во всех парах трения, модели рационального выбора способа восстановления деталей с учетом стоимости обработки, входящих в соединение с зазором, и методологии применения цифровых инструментов на ремонтном предприятии.

Автором также разработаны:

методика организации прослеживаемости деталей на ремонтном предприятии, позволяющая организовать мониторинг и оптимизацию процессов исходя из критерия затрачиваемого на операцию времени;

система принятия решений о необходимости ремонта на основе остаточного ресурса соединения исходя из технологических возможностей предприятия.

Полученные результаты этих исследований вынесены на защиту в качестве двух самостоятельных научных результатов, логически взаимосвязанных в рамках единой информационной среды.

В ходе диссертационного исследования получены четыре основных новых научных результата.

1. Математическая зависимость по определению величины минимального зазора в подшипниках скольжения. Автором на основе гидродинамической теории смазки, осуществлена оценка влияния конусообразности, отклонения от соосности, бочкообразности, седлообразности и радиального биения, а также шероховатости поверхности соединяемых рабочих поверхностей деталей на величину масляного слоя, что позволит гарантированно обеспечить жидкостное трение в соединении. Таким образом, научная новизна первого результата заключается в полученной теоретической зависимости для расчета минимальной толщины масляного слоя и математическом выражении для определения наименьшего зазора в посадке.

2. Модель выбора рациональных способов восстановления двух деталей, входящих в соединение, с учетом параметров точности и стоимости ее обеспечения. В основу разработанной модели автор лежит взаимосвязь между допуском детали и затратами на её восстановление с учетом последующей обработки для получения требуемых характеристик рабочей поверхности.

Новизной предлагаемой модели является комплексное рассмотрение восстановления работоспособности соединения для получения требуемого конструктивного допуска посадки и учет вероятности безотказной работы, а также достижения требуемого ресурса.

3. Третьим научным результатом, вынесенным автором на защиту, являются полученные математические выражения по расчету геометрических параметров деформирующей матрицы в зависимости от величины изнашивания внутренней поверхности втулки без потери её геометрической устойчивости. Полученные автором теоретические зависимости, определяющие параметры деформирующей матрицы и обеспечивающие сохранение геометрической устойчивости при пластическом деформировании, позволяют производить массовое экономически целесообразное восстановление изношенных втулок. Предлагаемый автором метод обжатия позволяет создать необходимый запас материала для реализации требуемых параметров точности без структурных изменений рабочей поверхности втулок при дальнейшем электроконтактном напекании металлических порошков на наружную поверхность втулки.

Новизна данного научного результата подтверждена двумя патентами РФ на изобретение № 2750899 и № 2751387 и реализацией на практике.

4. Завершающим четвертым научным результатом, вынесенным автором на защиту является предлагаемый метод цифрового подбора, позволяющий

обеспечить наибольший запас на износ без изменения параметров соединения, заложенных изготовителем. Отличие и новизна предлагаемого автором метода, являющегося развитием индивидуального подбора, заключается в использовании фактически цифровой параметрической модели базовой детали, позволяющий изготавливать компенсирующую деталь независимо, что закладывает основу для реализации индивидуальной сборки даже при массовом производстве, имеющем высокую степень автоматизации и высокоточное оборудование, при этом практическая значимость, предложенного метода, заключается в достижении наибольшей наработки соединения без изменения допуска и сохранения параметров жидкостного трения (гарантия начала работы с наименьшего зазора), что позволяет исключить нештатные режимы работы и обеспечить более предсказуемый послеремонтный ресурс соединения.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ определяется значительным вкладом в теоретические основы развития методов восстановления с целью обеспечения характеристик деталей сопоставимых с новыми, в развитие теории точности в части индивидуального подбора совместно с цифровым сопровождением и совершенствования процессов дефектации и контроля на ремонтных предприятиях.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ И ЦЕННОСТЬ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ заключается в разработанных и внедрённых технологических решениях, позволяющих 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, в реализации технологии обработки внутренних поверхностей втулок на заданный размер в пределах $\pm 0,002$ мм, в применении цифровой маркировки деталей для использования в условиях мелкосерийного ремонтного производства, позволяющей автоматизировать подбор пар трения по критерию обеспечения наибольшего запаса на износ, в рекомендациях по проведению имитационного моделирования процессов ремонтного производства, в рекомендациях по замене аналоговых средств измерений на цифровые, в системе принятия решений о необходимости проведения ремонта, ориентированной на достижение наибольшего остаточного ресурса соединения, в разработке рекомендаций по практическому применению метода цифрового подбора. Предложенные решения официально рекомендованы Министерством сельского хозяйства Российской Федерации организациям, осуществляющим ремонт сельскохозяйственной техники и оборудования для расширения номенклатуры восстанавливаемых деталей.

ДОСТОВЕРНОСТЬ выводов и надежность разработанных автором моделей, методик и предложений гарантируется всесторонним анализом работ в данной области, проводимых другими научными коллективами; обоснованным выбором исходных данных; анализом не только полученных результатов, но и их причинно-следственных связей с исходными данными; удовлетворительной сходимостью результатов экспериментальных исследований с результатами теоретических расчетов, патентами и свидетельствами Российской Федерации.

Вместе с тем, в диссертационной работе имеются недостатки, устранение которых, могло бы повысить ее научную и практическую ценность. К ним следует отнести следующее:

1. Из работы неясен выбор селективной сборки для проведения сравнения с методом подбора, также не описан процесс селективной сборки и его параметры для многоопорного вала.

2. Из работы неясно, как соблюдается и контролируется соосность опор распределительного вала при предлагаемом комплексном методе восстановления деталей соединения и цифровом подборе размеров.

3. В работе отсутствует описание процесса дефектации отверстий втулок, тем более, что отверстия втулок подлежат дальнейшему восстановлению методом обжатия. Также нет описания процесса контроля наружного диаметра втулок после напекания и последующей механической обработки.

4. В главе 5 преимущество цифровых технологий над традиционными даётся фрагментарно. Следовало бы наряду с их кратким описанием указать принципиальное отличие от существующих технологий.

5. В работе отсутствует описание некоторых параметров так, в формулах (2.30) и (2.31) встречающегося обозначение ε , а в выражении (2.28) σ_{γ}^2 .

Однако указанные замечания не снижают научной ценности и практической значимости диссертационной работы. В целом материалы диссертации изложены аргументировано и логично, технически грамотно, что характеризует соискателя как высококвалифицированного специалиста.

Содержание автореферата, изложенного на 45 страницах, соответствует содержанию диссертационной работы, изложенной на 264 листах машинописного текста с приложениями.

ВЫВОДЫ:

1. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические решения направленные на повышение долговечности опор

скольжения при восстановлении работоспособности техники АПК, что вносит значительный вклад в достижение продовольственной безопасности страны.

2. Диссертация написана единолично, содержит совокупность новых научных результатов и положений, имеет внутреннее единство и свидетельствует о личном вкладе автора в науку обеспечения точности, развития средств и методов восстановления деталей и соединений, цифрового сопровождения ремонта техники АПК. Предложенные автором новые решения строго аргументированы и критически оценены.

3. Диссертация отвечает требованиям и критериям указанным в п. 9, 10, 11, 13 и 14 постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 (ред. от 25.01.2024 г.) «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, паспорту специальности 4.3.1. – «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса», а её автор – Голиницкий Павел Вячеславович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Официальный оппонент:

доктор технических наук

[Redacted], профессор (05.05.04 – Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины), главный научный сотрудник лаборатории цифровых методов управления жизненным циклом изделий машиностроения, отдел Трение, износ, смазка. Трибология, ИМАШ РАН

«29» мая 2026 года

[Redacted] Ерофеев Михаил Николаевич

Полное наименование учреждения. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН)

Почтовый адрес: Россия, 101000, Москва, Малый Харитоньевский пер., дом 4,

Сайт: www.imash.ru

Тел.: +7 (495) 628-87-30

E-mail: info@imash.ru

Подпись официального оппонента, профессора
Ерофеев Михаил Николаевич

Мсполняющий обязанности
директора ИМАШ РАН,
[Redacted]

А.В. Рязанкин.