

ОТЗЫВ

официального оппонента,

кандидата технических наук, доцента

Ружьева Вячеслава Анатольевича о диссертационной работе

Бадекина Максима Юрьевича *«Повышение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин ионно-плазменными методами»*,

представленной в диссертационный совет 35.2.030.03 на базе ФГБОУ ВО

«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 4.3.1 Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Актуальность темы диссертации связана с проблемой повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин комбинированными ионно-плазменными методами получения на почворезающей рабочей поверхности износостойких покрытий, позволяющих увеличить срок службы рабочих органов почвообрабатывающих машин, повысить экономическую эффективность с.-х. производства, снизить негативное воздействие на окружающую среду при выполнении технологической операции.

В связи с вышеизложенным тема рассматриваемой диссертации Бадекина М.Ю. является актуальной.

Научная новизна результатов исследований, представленная автором, содержит 1 основной пункт, четко коррелирующий с поставленной целью диссертационной работы.

В период с 2024 г. элементы диссертации и результаты исследований апробированы на конференциях Международного и Всероссийского уровней.

Практическая значимость проведенной соискателем работы.

Новизна технического решения подтверждена патентом на изобретение РФ №2834102 *«Способ поверхностного упрочнения рабочего органа сельскохозяйственной машины»*. Техническим результатом является разработка промышленной технологии изготовления плужных лемехов с ресурсом, превышающим серийные аналоги в 2,5-6,5 раз. Это достигается комбинированным упрочнением: наплавкой сплава Сормайт, вакуумным отжигом и нанесением покрытия TiN. Внедрение технологии в крупные агрокомплексы обеспечивает прямую экономию за счет резкого сокращения затрат на закупку запасных частей, снижения расхода топлива МТА, уменьшения трудозатрат на ремонт и технической обслуживание лемешных плугов.

Достоверность, обоснованность и новизна основных выводов.

В ходе исследований были использованы: металлографический анализ, рентгеноструктурный анализ, электронная микроскопия, трибологические тесты, испытания на микротвердость.

Результаты исследования имеют схождения теоретического

обоснования, лабораторно-полевых экспериментов.

По результатам диссертационной работы автором сделано 5 выводов. Причем каждый вывод отражает результат по 5-ти соответствующим сформулированным задачам.

В первом выводе на основании изучения литературных источников показано, что эффективность комплексного упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин зависит от последовательности технологических операций и обоснованными режимами: наплавкой, вакуумным отжигом, нанесением покрытия TiN инновационным методом вакуумно-дугового напыления; финишным стабилизирующим отжигом. Вывод достоверен. Вывод подтвержден количественными показателями. Представленные количественные показатели доказывают, что вывод является достоверным и подтверждают научную гипотезу.

Вторым выводом автором определены оптимальные по критерию формирования однородной диффузионной зоны и сохранения пластичности основного металла параметрами вакуумного отжига, при которых достигается толщина диффузионной зоны, сфероидизация карбидных фаз, дисперсионное упрочнение и повышение микротвердости наплавленного слоя без снижения пластичности основы основного материала рабочих органов почвообрабатывающих машин. Вывод обладает новизной и содержит практическую значимость.

В третьем выводе автор на основании лабораторных и полевых испытаний, экспериментальных данных устанавливает оптимальные режимы нанесения покрытия TiN, при которых обеспечивается прочность сцепления покрытия на почворезущих рабочих поверхностях рабочих органов почвообрабатывающих машин. Вывод обладает новизной и содержит практическую значимость. Вывод подтвержден количественными показателями. Представленные количественные показатели доказывают, что вывод является достоверным и подтверждают научную гипотезу.

В четвертом выводе на основании лабораторных и полевых исследований автор подтверждает теоретические изыскания параметров нанесения износостойких покрытий и режимами работы модифицированных лемехов. Вывод достоверен, обладает новизной и содержит теоретическую значимость. Вывод подтвержден количественными показателями. Представленные количественные показатели доказывают, что вывод является достоверным и подтверждают научную гипотезу.

В пятом выводе представлены технико-экономические показатели эффективности технологии основной обработки почвы с применением модифицированных плужных корпусов. Вывод достоверен. Вывод подтвержден количественными показателями.

Оценка содержания диссертационной работы, ее завершенности в целом и замечания по оформлению диссертации.

Диссертационная работа Бадекина Максима Юрьевича изложена на 244 страницах машинописного текста, в т.ч. 219 страниц основного текста, включая 9 рисунков, 3 таблицы, Приложений 2 (на 2 стр.) Состоит из

введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников из 134 наименований, среди которых 51 – на иностранном языке.

Представлен автореферат диссертации.

Таким образом, подлежащий рецензированию материал диссертации по своему составу, объему и оформлению, в основном, соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Введение изложено на 6 стр. Введение содержит общую информацию по исследуемой проблеме. Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулирована цель, определены научная новизна и практическая значимость, изложены выносимые на защиту положения.

На стр. 5-6, автор, описывая актуальность в свете задач импортозамещения, разработки новых технологий, позволяющих существенно повысить срок производственной эксплуатации рабочих органов почвообрабатывающих машин, ошибочно использует терминологию.

Научную задачу следовало бы «связать» с целью исследований, добавив следующий оборот: «...*(плужных лемехов), повышающих их ресурс, за счет оптимизации ...*».

Нет ли у автора путаницы: «Сормайт» или «Сармайт» с общепринятым определением. Допущены опечатки на стр.: 8, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 42, 43, 44, 46, 177.

Глава 1. Состояние вопроса повышения долговечности и ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин ионно-плазменными методами включает обзор существующего положения в изучаемом автором круге вопросов.

В этой главе автор на 19 страницах представляет анализ условий работы и изнашивания рабочих органов почвообрабатывающих машин, закономерности их износа, а также конструкционных материалов, используемых при их производстве и известных технологий повышения их износостойкости и ресурса. Отдельным подпунктом выделены выводы по главе и осуществлена постановка задач исследования.

Пп 1.1 носит декларативный характер, не до конца раскрывающий его суть, нет достаточно конкретных статистических данных.

Имеют повторы информации в Введении, пп. 1.1, пп. 1.3.

Глава 2 посвящена оценке влияния химического состава и технологии термообработки на эксплуатационные характеристики сталей.

Пп. 2.4 целесообразно для восприятия исчерпывающей информации следовало бы представить в виде пп. 2.4.1, 2.4.2 и т.д., представляя цель литературного обзора.

В главе третьей представлена на 82 страницах обширно представлены материалы, программа и методики исследования.

Описание экспериментальных установок, представленные рисунки и фотографии от части являются доказательной базой. Методологическое обеспечение для решения поставленных задач исследования достаточное.

В целом Глава 3 методически выдержана.

Однако, имеются разночтения в обозначении плужных лемехов выбранной модели по тексту диссертации и в Объекте исследований. Представление объекта исследований в виде рисунка (фото в лабораторных условиях) в пп. 3.1 украсило бы диссертацию.

Требуют пояснения, насколько применимы англицизмы в тексте диссертации, например, на стр. 77 – *precisely*, на стр. 142 – *in situ*.

В главе четвёртой представлены на 34 страницах результаты и анализ экспериментальных исследований. Результаты исследований представлены в виде графиков и таблиц, полученных после проведения экспериментов в лабораторных и полевых условиях.

В целом глава 4 обоснована и достоверна.

Автором в пп. 4.1 и 4.3 применен разреженный шрифт для оформления подразделов.

Требуют пояснения результаты металлографического анализа – стр. 154-158 – и их оригинальность, допускаю, что для Стали Л53 и Сормайт, да, но тогда возникает вопрос: в чем качественное отличие от аналогов?

В пятой главе на 34 страницах представлено технико-экономическое обоснование.

По формальным признакам материал Главы 5 представлен достоверно.

Общие выводы представлены в виде Заключения.

В целом, оформление текста диссертации находится на удовлетворительном уровне, имеются в большом количестве пунктуационные и в меньшей орфографические ошибки.

Анализ основной части диссертации и выводов, позволил установить соответствие стандартам работы на соискание ученой степени кандидата технических наук и паспорта специальности 4.3.1 – Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса по следующим пунктам:

9. Методы, средства исследований и испытаний машин, оборудования и технологий для агропромышленного комплекса.

21. Методы оценки качества материалов, металлов, технических жидкостей, изделий, машин, оборудования, поточных линий в АПК.

24. Методы исследования конструкционных материалов (в том числе наноматериалов) для применения в технологиях и технических средствах агропромышленного назначения.

Значимость для науки и практики выводов

1. Проведенный анализ показал, что эффективность комплексного упрочнения рабочих органов зависит от последовательности технологических операций: наплавка сплава Сормайт на сталь Л53 →

вакуумный отжиг при 1000°C в течение 180 мин. → нанесение покрытия TiN толщиной 4,0 мкм методом вакуумно-дугового напыления → финишный стабилизирующий отжиг при 500°C в течение 180 мин.

2. Определены оптимальные по критерию формирования однородной диффузионной зоны и сохранения пластичности основного металла параметры вакуумного отжига: температура 1000°C, выдержка 180 мин. При этих условиях достигается толщина диффузионной зоны ~200 мкм, сфероидизация карбидных фаз, дисперсионное упрочнение и повышение микротвердости наплавленного слоя без снижения пластичности основы.

3. Полученные экспериментальные данные позволили установить оптимальные режимы нанесения покрытия TiN: давление в камере 0,5-1,0 Па, температура подложки 200°C, мощность разряда 4 кВт. При данных параметрах обеспечивается прочность сцепления покрытия не менее 450 МПа и коэффициент трения $\leq 0,35$.

4. В результате проведения лабораторных и полевых испытаний установлено, что модифицированные лемехи демонстрируют увеличение износостойкости в 2,5-6,5 раз по сравнению с серийными образцами, повышение коррозионной стойкости на 40-50%, снижение тягового сопротивления плуга на 5%. Результаты подтверждены обработкой более 250 га серой лесной почвы (плотность 1,45 г/см³, влажность 22%) против 40-60 га у стандартных лемехов.

5. Проведенная оценка технико-экономической эффективности технологии показала, что для хозяйства с парком 1000 плугов годовой экономический эффект составляет 13,9 млн руб. за счет снижения затрат на запчасти, экономии топлива (~5%) и сокращения трудозатрат на обслуживание. Капитальные затраты на внедрение окупаются менее чем за 1,1 года.

Выполненное исследование полностью подтверждает их значимость для агроинженерной науки и техники.

Публикации.

Основные положения диссертации опубликованы в 10 печатных работах (4,63 п.л., авторского вклада 3,71 п.л. или 80,0%), в том числе в изданиях, включенных в перечень ВАК, опубликовано 5 работ (2,60 п.л., авторского вклада 2,08 п.л. или 80,0%), 2 статьи в международных изданиях (CA(core), SCOPUS, Springer, WoS(SCIE)), имеется 1 патент на изобретение.

Автореферат отражает основное содержание диссертации, хотя и имеет часть недостатков, отмеченных в диссертации.

Заключение

Несмотря на высказанные замечания, диссертационная работа обладает основными квалификационными признаками.

Исследование, проведенное Бадекиным Максимом Юрьевичем, посвященное повышению долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин ионно-плазменными методами, является законченным научным трудом, имеющим перспективу продолжения.

Научно-исследовательская работа, выполненная на достаточно высоком уровне, предлагает на основе разработки к реализации принципиально новый подход к созданию функциональных покрытий на поверхности рабочих органов почвообрабатывающих машин на примере плужных лемехов, основанный на комбинированном применении вакуумного отжига и вакуумного напыления. В отличие от традиционных методов модификации поверхностных слоев, которые зачастую ограничиваются использованием одного из технологических приемов, предложенный в работе подход предполагает синергетическое взаимодействие двух высокотехнологичных процессов, что позволяет достичь значительно более высоких эксплуатационных характеристик покрытий.

В связи с вышеизложенным представленная на оппонирование диссертационная работа Бадекина Максима Юрьевича *«Повышение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин ионно-плазменными методами»* является законченной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие и ускорение научно-технического прогресса в области сельского хозяйства.

Диссертационная работа Бадекина Максима Юрьевича *«Повышение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин ионно-плазменными методами»* удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям ВАК РФ, и заслуживает присуждения автору ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1 Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Официальный оппонент,

РУЖЬЕВ ВЯЧЕСЛАВ АНАТОЛЬЕВИЧ

кандидат технических наук (05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства, 2007 г.)

Директор Инженерно-технологического института,

зав. кафедрой «Технические системы в агробизнесе» ФГБОУ ВО СПбГАУ,
тел. (812) 313-41-78; e-mail: ruzhev_va@mail.ru

Полное название организации: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»

(сокращенное название: ФГБОУ ВО СПбГАУ)

Почтовый адрес: 196601, Россия, Санкт-Петербург, г. Пушкин,

Петербургское шоссе, д. 2, лит. А

Контактный телефон: (812) 470-04-22; E-mail: agro@spbgau.ru



В.А. Ружьев

заверяю

Проректор по научной и международной работе,

Р.О. Колесников

34 октября 2025 г.