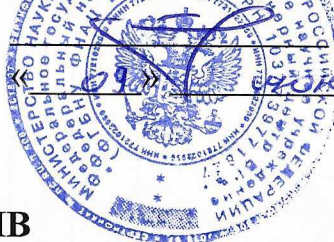


УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель директора
ФГБНУ «Федеральный научный
агроинженерный центр ВИМ»

А.В. Соколов
2026 г.



ОТЗЫВ

Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) на диссертационную работу Бугаева Александра Вячеславовича «Восстановление работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин термодиффузионным хромированием», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса в диссертационный совет 35.2.030.03 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Актуальность темы

Тракторы, комбайны и различная сельскохозяйственная техника широко применяется в агропромышленном комплексе. Для надежного выполнения своих функций сельскохозяйственная техника должна поддерживаться в работоспособном состоянии за счет своевременного проведения ее технического обслуживания и ремонта. Однако работающий парк машин имеет большой износ, а зачастую морально устарел. Поэтому сохраняется рост эксплуатационных издержек, включая увеличение доли затрат на запасные части. Снизить такие затраты можно путем повышения надежности машин, в частности за счет совершенствования технологий ремонта и восстановления деталей почвообрабатывающей техники. Эти машины вошли в Перечень критической промышленной продукции в отрасли сельскохозяйственного

машиностроения Российской Федерации. Основными потребительскими свойствами почвообрабатывающей техники, в том числе культиваторов, являются надежность машин и качество обработки почвы. Поэтому установление влияния технических и технологических решений при восстановлении работоспособности рабочих органов на потребительские свойства почвообрабатывающих машин (качество обработки почвы), в том числе культиваторов, является актуальной проблемой.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна

Соискатель детально изучил состояние научной проблемы, сформулировал цель и задачи исследований.

Обоснованность и достоверность основных научных положений диссертационной работы обусловлены использованием современных приборов и оборудования, определяется достаточным объемом теоретических и экспериментальных исследований. Автор корректно использовал известные научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций. На основании выполненных исследований автором обоснованы положения и выводы, имеющие научную ценность.

В первом выводе автор констатирует, что проведенный анализ позволил: обосновать возможность восстановления работоспособности рабочих органов культиваторов диффузионным хромированием; описать механизм диффузионных процессов при хромировании; теоретически обосновать влияние основных факторов процесса рыхления грунта на тяговое усилие культиватора, а также необходимость оценки напряженного состояния конструкции культиватора. Вывод носит констатирующий характер.

Во втором выводе представлены результаты влияния повышения температуры на толщину диффузионного слоя. Повышение температуры с 1100 °С до 1200 °С приводит к росту толщины слоя на углеродистых сталях до

0,025–0,03 мм, для легированных – до 0,028–0,039 мм на сторону. Для образца из стали ХВГ толщиной 0,8 и 10 мм она составляет соответственно 0,038 и 0,055 мм. Также в выводе приведены результаты исследования влияния длительности нагрева на твердость поверхности после диффузионного хромирования. Хромированные пластины из сталей 45, У8А, 08кп имеют меньшую твердость, чем образцы из сталей 65Г, 30ХГСА и ХВГ. Максимальная твердость поверхности наблюдается на образцах толщиной 0,8 мм при температуре хромирования 1200°С и выдержке в течение 6 ч.

Вывод обладает новизной, достоверность подтверждена результатами эксперимента.

Следует отметить, что автор представил вывод 2 в Заключение диссертации, как обобщенный из выводов 2 и 3 автореферата.

В третьем выводе представлены результаты исследования износостойкости стальных пластин после диффузионного хромирования. По результатам сравнительных испытаний установлено, что износостойкость образцов после контактной приварки к ним хромированных пластин из стали У8А, 65Г и ХВГ толщиной 0,6 мм в 2–3 раза выше износостойкости образца из закаленной стали 45. Вывод обладает новизной, достоверность подтверждена результатами эксперимента.

В четвертом выводе по результатам проведенного установлено, что наибольшие напряжения при работе культиватора наблюдаются на режущей кромке лапы и в местах ее крепления к раме. Также установлено, что коэффициент запаса прочности для лапы культиватора должен быть не ниже 1,99. Вывод обладает новизной, достоверность подтверждена результатами эксперимента.

В пятом выводе представлены результаты исследования влияния угла резания и угла заострения культиваторной лапы на тяговое усилие. Наименьшие тяговые усилия 162–258 Н имеет лапа культиватора с углами резания 15 и 25° и заострения 14 и 23°. Уменьшение угла заострения снижает тяговое сопротивление на 5–10%. Эксперименты со сменными пластинами

показали, что уменьшение угла заострения от 35 до 14° одновременно с увеличением угла резания от 15 до 35° снижает тяговое сопротивление на 5–18%. Вывод обладает новизной, достоверность подтверждена результатами эксперимента.

В шестом выводе представлены результаты экспериментальных исследований влияния углов резания и заострения культиваторной лапы на рыхление массива почвы. Наиболее интенсивный процесс разрыхления наблюдался у рабочего органа с углами резания 15–25° и заострения 14–23°. Наиболее равномерное рыхление массива почвы происходит при угле резания 25–30° и при угле заострения 17°. Вывод обладает новизной, достоверность подтверждена результатами эксперимента.

В седьмом выводе представлены результаты полевых испытаний на износостойкость. Результаты полевых испытаний на износостойкость показали, что ресурс восстановленных стрельчатых лап в 1,64 раза больше, чем у серийных.

Тяговое сопротивление и расход топлива при работе культиватора с восстановленными лапами ниже, чем с серийными в среднем в 1,25 раза. Наименьшее значение тягового сопротивления выявлено при скорости агрегата 7 км/ч, с углами резания 25° и заострения – 17°.

Вывод обладает новизной, достоверность подтверждена результатами эксперимента.

Следует отметить, что автор представил вывод 7 в Заключение диссертации, как обобщенный из выводов 8 и 9 автореферата.

В восьмом выводе утверждается, что при обработке почвы культиватором с восстановленными лапами отклонение глубины соответствовало нормам (не более 1 см), а размеры гребней и глыб не превышали установленных значений, что соответствует критериям постановления Правительства Российской Федерации от 1 августа 2016 г. № 740 «Об определении функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования».

Вывод обладает новизной, достоверность подтверждена результатами эксперимента.

В девятом выводе сообщается о том, что разработан технологический процесс восстановления стрелчатых лап культиватора диффузионным хромированием, который внедрен в ОАО «Брянксельмаш», а результаты диссертационных исследований используются в учебном процессе Института механики и энергетики имени В.П. Горячкина РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева. Вывод описательный.

В десятом выводе сообщается, что ожидаемый расчетный годовой экономический эффект от внедрения предлагаемой технологии составит 5,28 млн руб. при программе восстановления 3200 стрелчатых лап культиваторов. Вывод описательный и его целесообразно было бы объединить с выводом 9.

Научная новизна и достоверность полученных результатов

Научной новизной работы являются:

- зависимости влияния режимов термодиффузионного хромирования на толщину и физико-механические свойства покрытий;
- модель влияния основных факторов рыхления почвы на тяговое сопротивление культиватора;
- методика исследования напряженного состояния культиватора и прочностного расчета восстановленной лапы;
- зависимости влияния углов резания и заострения лапы на тяговое сопротивление культиватора и расход топлива МТА;
- зависимости влияния углов резания и заострения лапы на степень разрыхления почвы.

Достоверность выполненных в диссертационной работе исследований основана на глубоком анализе выполненных ранее научно-исследовательских работ в данной области науки. Результаты теоретических и экспериментальных исследований имеют высокую сходимость. При проведении экспериментальных исследований использовались

апробированный научно-методический аппарат и современное сертифицированное метрологическое оборудование. Все выборки являлись репрезентативными. Результаты, полученные при выполнении диссертационной работы, согласуются с результатами, опубликованными в независимых источниках по тематике исследования, и протоколами испытаний почвообрабатывающих машин и стрельчатых лап культиваторов на машиноиспытательных станциях Минсельхоза России.

Значимость полученных автором диссертации результатов для науки в инженерной сфере АПК

Теоретическая и практическая значимость работы заключается:

- в обосновании механизма формирования покрытий способом термодиффузионного хромирования;
- в определении оптимальных режимов получения покрытий термодиффузионным хромированием;
- в обобщении аналитических зависимостей для определения показателей работоспособности восстановленной лапы;
- в выявлении мест наиболее напряженного состояния конструкции культиватора и результатах прочностного расчета лапы;
- в установлении влияния угла резания и угла заострения лапы на тяговое сопротивление культиватора и расход топлива МТА;
- в установлении влияния углов резания и заострения лапы культиватора на степень разрыхления почвы;
- в оценке потребительских свойств культиваторов с восстановленными лапами;
- в разработке и внедрении технологического процесса восстановления работоспособности рабочих органов культиваторов с использованием термодиффузионного хромирования (патент РФ на изобретение № 2282677 и патент РФ на полезную модель № 236692).

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационного исследования

Полученные в диссертационной работе результаты рекомендуются к использованию на сервисных предприятиях при реализации технологических процессов восстановления работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин. Рекомендовано создавать участки по термодиффузионному хромированию деталей, а также организовать изготовление упрочненных сменных почвообрабатывающих пластин (ремкомплектов)

В дальнейшем необходимо расширить номенклатуру восстанавливаемых и упрочняемых рабочих органов почвообрабатывающих машин, в том числе посевных комплексов и сеялок. Следует продолжить исследования направленные на снижение энергоемкости и продолжительности процесса диффузионного хромирования, а также повышение его производительности и безопасности.

Разработанная технология восстановления работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин с применением диффузионного хромирования внедрена в ОАО «Брянксельмаш». Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе Института механики и энергетики имени В. П. Горячкина РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева при подготовке бакалавров по направлениям 35.03.06 «Агроинженерия», 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», а также для научных исследований аспирантов по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Ожидаемый расчетный годовой экономический эффект от внедрения предлагаемой технологии составит 5,28 млн руб. при программе восстановления 3200 стрельчатых лап культиваторов.

Оценка содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 193 источника, и приложений. Основное содержание работы изложено на 315 страницах, включая 102 рисунка и 35 таблиц. Работа также содержит 11 приложений на 44 страницах.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации и степень ее разработанности, сформулированы цель, объект и предмет исследования. Определены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследования, сформулированы положения диссертации, выносимые на защиту, а также показаны степень достоверности и апробация результатов исследования, личный вклад автора и реализации результатов работы.

В первой главе «Состояние проблемы, цель и задачи исследования» проведен анализ состояния проблемы восстановления работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин. Показаны основные способы восстановления и упрочнения рабочих органов машин. Установлено, что одним из эффективных способов повышения ресурса рабочих органов является способ диффузионного хромирования, позволяющий формировать на их режущих-лезвийных частях износостойкие покрытия. В результате поставлена цель работы и определены задачи для ее реализации.

Во второй главе «Теоретическое обоснование восстановления работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин термодиффузионным хромированием» рассмотрен комплекс вопросов, связанных с теоретическим обоснованием возможности диффузионного хромирования для восстановления работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин. Обоснованы физико-механические свойства покрытий и геометрические параметры компенсирующей пластины (коэффициент трения покрытия, толщина и износостойкость режущей

кромки). Обоснована необходимость оценки напряженного состояния конструкции культиватора.

В третьей главе «Программа и методика экспериментальных исследований» разработаны общие и частные методики исследования влияния параметров термодиффузионного хромирования на толщину, микротвердость и износостойкость покрытий.

На данном этапе были разработаны методики определения влияния параметров восстановленной лапы культиватора на энергетические и технологические показатели процесса рыхления, оценки степени разрыхления почвы восстановленной лапой, полевых испытаний восстановленных стрельчатых лап, оценки функциональных характеристик (потребительских свойств) культиватора с восстановленными лапами.

В четвертой главе «Результаты исследований и их анализ» представлены результаты исследования физико-механических свойств покрытий, полученных термодиффузионным хромированием, ускоренные износные испытания пластин с хромовыми покрытиями, получены результаты прочностного расчета восстановленной лапы культиватора. Показано влияние параметров восстановленной лапы культиватора на энергетические и технологические показатели процесса рыхления, проведена оценка степени разрыхления почвы восстановленной лапой, даны анализ результатов полевых испытаний стрельчатых лап и оценка функциональных характеристик (потребительских свойств) экспериментального культиватора.

В пятой главе «Производственные рекомендации и их экономическая эффективность» предложена примерная номенклатура стрельчатых лап культиваторов для восстановления креплением хромированных пластин. Разработан технологический процесс восстановления работоспособности стрельчатых лап культиваторов, который включает в себя нарезку стальной пластины, сверление отверстий, заточку лезвия, шлифование плоскости и углов заострения, очистку поверхности, термодиффузионное хромирование, контроль качества. Разработанная технология восстановления

работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин с применением диффузионного хромирования внедрена в ОАО «Брянсксельмаш».

В заключении представлены общие выводы, обоснованность которых подтверждена материалом изложенном в главах диссертации. Выводы в полной мере соответствуют поставленным задачам и полученным в работе результатам. Поставленные цель и задачи исследований выполнены. Обоснованность научных положений и выводов не вызывает сомнений.

Приложения включают: патент на способ упрочнения деталей; полезную модель на «лапу культиваторную»; результаты измерения микротвердости и твердости стальных пластин упрочненных термодиффузионным хромированием в течении 2-х, 4-х и 6 часов; результаты исследования напряженного состояния лапы культиватора в системе Inventor Pro; акты внедрения результатов диссертационных исследований в производство на АО «Брянсксельхозмаш» и в учебный процесс в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Завершенность и качество оформления диссертационной работы

Представленная диссертация является завершенной научно-квалифицированной работой с логически выверенной структурой и обоснованными выводами. Диссертация написана автором самостоятельно, изложена технически и стилистически грамотно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения. В работе представлено значительное количество иллюстраций, наглядно доказывающие эффективность и полноту полученных автором результатов.

Основные положения, научные результаты и выводы диссертационной работы Бугаева А.В. являются обоснованными и имеют определенную научную новизну, касающуюся решения вопросов повышения надежности машин, в частности за счет совершенствования и внедрения технологии

восстановления и упрочнения рабочих органов почвообрабатывающей техники с использованием термодиффузионного хромирования.

Достоверность научных положений и результаты исследования, проведенные автором, подтверждаются комплексом теоретических и экспериментальных исследований с применением известных теорий и методов расчета, а также обработки статистической информации.

Основные научные результаты, положения и выводы диссертационной работы Бугаева А.В. прошли апробацию в печати, а также на международных научно-практических семинарах и конференциях.

Основные положения и результаты диссертации опубликованы в 29 научных работах, в том числе 14 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК РФ по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса, статье в издании, входящем в перечень Web of Science, и двух патентах Российской Федерации на изобретение и полезную модель.

Общий объем опубликованных работ составляет 71,9 п.л., из них автору принадлежит 37,1 п.л.

Диссертационная работа и автореферат изложены технически грамотным языком.

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 4.3.1 - Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса. Содержание автореферата соответствует предъявляемым требованиям и достаточно полно отражает основные положения и научные результаты диссертации, выносимые на защиту.

Замечания по диссертационной работе

Положительно оценивая диссертационную работу, следует отметить следующие замечания:

1. Цель исследования в диссертационной работе представлена некорректно, так как она должна отражать предполагаемый вклад в науку, а не повторять наименование работы.

2. В автореферате в разделе «Цель и задачи исследования» автор не представил задачи исследования.

3. В заключении, представленном в автореферате, содержится 12 выводов, а в диссертации – 10 выводов.

4. Задача диссертационного исследования №9 – «Разработать технологию восстановления работоспособности *рабочих органов почвообрабатывающих машин* с использованием диффузионного хромирования». По результатам исследования разработан «технологический процесс восстановления *стрельчатых лап культиваторов...*». Однако обоснование выбора рабочего органа в виде стрельчатой лапы культиватора в диссертации отсутствует.

5. В диссертации некорректно сформулирована научная гипотеза: «Научная гипотеза заключается в том, что *повышение работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин* при восстановлении достигается применением термодиффузионного хромирования...». Работоспособность в соответствии с ГОСТ 27.002-2015 «Надежность в технике. Термины и определения» – это состояние объекта, при котором оно способно выполнять заданную функцию с параметрами, установленными требованиями технической документации. То есть, изделие может быть «работоспособным» или «неработоспособным». В этой связи работоспособность можно обеспечить, а применение термина *повышение* к работоспособности рабочих органов – некорректно.

6. Автор некорректно применяет в диссертационной работе два термина при описании названия метода восстановления рабочих органов: термодиффузионное хромирование и диффузионное хромирование. Например: в гипотезе указано «*диффузионного хромирования*», а в теме диссертации «*термодиффузионное хромирование*».

7. В диссертации не отражены типы почвы при проведении экспериментальных исследований. Вызывает сомнение работоспособность культиваторных лап после восстановления термодиффузионным хромированием в условиях работы на тяжелых по механическому составу почвах (при повышении твердости почвы возможны сколы нанесенного термодиффузионного покрытия).

8. Экспериментальные исследования износостойкости стальных пластин из различных сталей упрочненных термодиффузионным хромированием на глубину от 0,015 до 0,055 мм показало повышение износостойкости в 2-3 раза в сравнении с закаленной сталью 45. Однако, вызывает сомнение сохранение целостности столь тонкого слоя в условиях эксплуатации при агрессивном воздействии почвенной среды (ударные нагрузки, камни, сколы покрытия, коррозия...).

9. Годовой экономический эффект от внедрения разработанной технологии составил 5,28 млн. руб. при программе восстановления 3200 стрельчатых лап культиваторов. Целесообразно соискателю при защите диссертации раскрыть полученный народнохозяйственный эффект от реализации результатов работы.

Заключение

Диссертационная работа Бугаева Александра Вячеславовича: «Восстановление работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин термодиффузионным хромированием» является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработана технология для повышения надёжности и ресурса техники, а также снижения себестоимости изготовления и восстановления деталей, что особенно актуально в условиях высокой доли изношенной техники в АПК страны.

Полученные соискателем результаты имеют важное научное и практическое значение. Достоверность результатов и выводов достаточно

обоснована. Диссертация выполнена на хорошем научном уровне и оформлена надлежащим образом.

Диссертация соответствует критериям, установленным п. 9-11,13,14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор Бугаев Александр Вячеславович, заслуживает присуждения ученой степени доктор технических наук по специальности: 4.3.1. - Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Заключение принято на расширенном заседании отдела интеллектуального управления техническим состоянием сельскохозяйственной техники и оборудования ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», протокол № 7 от «04» июня 2026 года, присутствовало 12 человек. Результаты голосования: за 12 человек, против 0 человек, воздержавшихся 0 человек.

Главный научный сотрудник – заведующий
отделом интеллектуального управления
техническим состоянием сельскохозяйственной
техники и оборудования, доктор технических наук
(05.20.03 – Технологии и средства технического
обслуживания в сельском хозяйстве)

 Денисов
Вячеслав Александрович

«09» июня 2026 г.

Подпись В.А. Денисова заверяю:

Ученый секретарь

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

кандидат технических наук

«09» июня 2026 г.

 Ешин Александр Вадимович

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Почтовый адрес: 109428, г. Москва, Институтский 1-й проезд, д. 5.

E-mail: vim@vim.ru Тел.: 8 (499) 171-43-49; 8 (499) 171-19-33