

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой автотракторной техники и теплоэнергетики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ) Юхина Ивана Александровича на диссертацию Бугаева Александра Вячеславовича на тему: «Восстановление работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин термодиффузионным хромированием», представленной 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 доктора технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

### **Актуальность темы диссертации**

Актуальность темы диссертации не вызывает сомнения. Она связана с обновлением парка сельского хозяйства отечественной сельскохозяйственной техникой, в том числе в рамках федерального проекта «Развитие отраслей и техническая модернизация агропромышленного комплекса». Из-за недостаточной технической оснащенности в сельском хозяйстве сохраняется высокая себестоимость продукции, в которой высока доля эксплуатационных затрат, особенно расходов на запасные части. Снизить такие издержки можно путем совершенствования технологий ремонта рабочих органов почвообрабатывающей техники. Эти машины вошли в Перечень критической промышленной продукции в отрасли сельскохозяйственного машиностроения Российской Федерации. В настоящее время при ремонте рабочих органов почвообрабатывающей техники применяют множество способов, в том числе наплавочные. Однако

при разработке технологий восстановления работоспособности рабочих органов остается ряд нерешенных задач, в том числе установление влияния технических и технологических решений на потребительские свойства почвообрабатывающих машин.

Поэтому разработка наиболее рационального способа восстановления работоспособности рабочих органов машин для обработки почвы является актуальной проблемой.

Целью исследования соискатель определил разработку технологии восстановления работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин термодиффузионным хромированием, которая позволит повысить качество обработки почвы и снизить себестоимости сельскохозяйственной продукции.

#### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверность и новизна**

В качестве научной новизны выполненных исследований можно выделить зависимости влияния режимов диффузионного хромирования на толщину и физико-механические свойства покрытий; модель влияния основных факторов рыхления почвы на тяговое сопротивление культиватора; а также зависимости влияния углов резания и заострения лапы на расход топлива МТА и степень разрыхления почвы.

Достоверность научных положений, выводов, результатов подтверждается теоретическими и обширными экспериментальными исследованиями в реальных полевых условиях, применением утвержденных методик и стандартов, высоким научно-методическим уровнем проведения исследований.

Основные результаты диссертации сформулированы автором в двенадцати выводах, которые соответствуют поставленным задачам и цели исследований, обоснованы, достоверны и содержат оригинальный научный результат. Соискатель сформулировал выводы по каждой главе не противоречащие общим.

**В первом выводе** обоснована возможность восстановления работоспособности рабочих органов культиваторов термодиффузионным хромированием. Вывод обоснован и достоверен.

**Второй, третий и четвертые выводы** отражают результаты экспериментальных исследований автора диссертации. Наиболее значимым результатом является зависимость влияния режимов термодиффузионного хромирования на физико-механические свойства образцов, в том числе их износостойкость. Выводы являются новыми и достоверными.

**В пятом выводе** на основе расчетов с использованием специальной программы установлено, что наибольшие напряжения при работе культиватора наблюдаются на режущей кромке лапы и в местах ее крепления к раме. Вывод обоснован и достоверен.

**В шестом и седьмом выводах** определены оптимальные углы резания и заострения лапы культиватора, которые обеспечивают наименьшее тяговое усилие и равномерное рыхление почвы. Выводы являются новыми и достоверными.

**Выводы восьмой, девятый и десятый** основаны на результатах полевых испытаний культиваторов. Выводы представляются новыми и обоснованными.

**В одиннадцатом выводе** соискатель информирует о разработанной технологии восстановления работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин с применением термодиффузионного хромирования.

**В двенадцатом выводе** рассчитан годовой экономический эффект от внедрения предлагаемой технологии восстановления работоспособности рабочих органов культиваторов.

### **Значимость для науки и практики полученных результатов**

*Научную новизну работы составляют:*

– 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;

***Практическую значимость работы состоит в:***

- установлении влияния угла резания и угла заострения лапы на тяговое сопротивление культиватора и расход топлива МТА;
- установлении влияния углов резания и заострения лапы культиватора на степень разрыхления почвы;
- оценке потребительских свойств культиваторов с восстановленными лапами;
- 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).

Разработанная технология восстановления работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин с применением термодиффузионного 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.

## **Оценка содержания диссертации, её завершенность в целом и замечания по оформлению работы**

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

**Во введении** обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследования, изложены основные положения и результаты исследования, выносимые на защиту, показаны степень достоверности и апробация работы.

**В первой главе «Состояние проблемы, цель и задачи исследования»** дан анализ причин потери работоспособности рабочих органов, устанавливаемых на почвообрабатывающих орудиях. Показано, что основными дефектами лап культиваторов является затупление лезвийной части, износы носка и крыльев, наличие деформаций, изломы. Выявлено, что более 60% стрельчатых лап теряют работоспособное состояние из-за предельного износа носка и ширины крыльев.

**Во второй главе «Теоретическое обоснование восстановления работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин термодиффузионным хромированием»** автор теоретически обосновал возможность восстановления работоспособности рабочих органов культиваторов термодиффузионным хромированием и описал диффузионные процессы, которые приходят при хромировании. В данной главе соискатель теоретически установил влияние основных факторов процесса рыхления почвы на тяговое усилие культиватора и обосновал необходимые физико-механические свойства покрытий и геометрические параметры компенсирующей пластины при восстановлении работоспособности рабочих органов культиваторов.

**В третьей главе «Программа и методика экспериментальных исследований»** описаны методики исследования влияния параметров термодиффузионным хромирования на толщину, микротвердость и износостойкость покрытий. Расчет напряженного состояния конструкции лапы культиватора автор выполнил с использованием системы Inventor Pro и графического пакета «Компас». Исследования операций резания грунта при движении лапы культиватора были проведены в грунтовом канале. Оценка степени разрыхления почвы восстановленной лапой проводилась методом фрактального анализа. Полевые испытания восстановленных стрельчатых лап проводили на полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Для определения потребительских свойств культиватора с восстановленными лапами при обработке почвы определялась глубина обработки, крошение и гребнистость поверхности почвы.

**В четвертой главе «Результаты исследований и их анализ»** представлены результаты экспериментальных исследований. Автором установлено, что износостойкость пластин из сталей У8А, 65Г и ХВГ толщиной 0,6 и 4 мм после термодиффузионным хромирования в 2,5–3 раза выше износостойкости образца закаленной стали 45. Наилучшие показатели износостойкости получены при испытаниях хромированных образцов, изготовленных из стали ХГВ. Показано, что наибольшие напряжения при работе культиватора наблюдаются на режущей кромке лапы и в местах ее крепления к раме. Автором работы установлено, что наименьшие тяговые усилия 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%. Наиболее интенсивный процесс разрыхления наблюдался у рабочего органа с углами резания 15–25° и заострения 14–23°. Результаты полевых испытаний на износостойкость показали, что ресурс восстановленных лап в 1,64 раза больше, чем у

серийных стрелчатых лап. В результате исследований автора установлено, что при обработке почвы функциональные характеристики культиватора с восстановленными лапами соответствуют установленным критериям потребительских свойств.

В пятой главе «Производственные рекомендации и их экономическая эффективность» соискателем предложена примерная номенклатура стрелчатых лап для восстановления креплением хромированных пластин. Автором работы разработан новый технологический процесс восстановления работоспособности стрелчатых лап культиваторов и определен годовой экономический эффект от внедрения предлагаемой технологии.

**Заключение** диссертационной работы содержит результаты, которые соответствуют поставленным задачам и в полной мере отражают исследования автора.

#### **Замечания по содержанию и оформлению диссертации**

1. Автору работы следовало бы обосновать выбор лапы культиватора в качестве типичного рабочего органа почвообрабатывающих машин.
2. В некоторых формулах не указаны размерности величин. Например, в формуле 2.6 (стр. 90) не указана размерность толщины карбидного слоя.
3. Следовало бы пояснить, почему продолжительность термодиффузионного хромирования ограничена 8 часами.
4. Следовало бы пояснить, почему не проводилась оценка сцепляемости покрытий, полученных термодиффузионным хромированием, с пластиной.
5. На рис. 2.10 «Структура причин выбраковки лап» следует указать способ наплавки и марку присадочного материала. При этом сравнение доли выбракованных наплавленных и не наплавленных лап проводилось при эксплуатации на разных типах почв (наплавленные - на чернозёмной почве, не наплавленные - на подзолистой и суглинистой почве).

6. Автор при исследованиях применял образцы толщиной 0,4; 0,6; 0,8; 4; 10 мм. Следовало обосновать такой выбор.

7. Продолжительность сравнительных испытаний образцов на износостойкость составляет 30 мин. Следовало бы обосновать такую продолжительность.

8. Лапа культиватора как правило изнашивается с тыльной стороны, а автор рекомендует компенсирующую пластину при восстановлении крепить на лапу сверху.

9. Следует пояснить почему полевые испытания культиваторов проводились на суглинистых почвах (стр.148).

10. При исследованиях тягового сопротивления агрегата использовался трактор МТЗ-1523 в сцепке с культиватором КСП-4. Почему выбран именно такой агрегат?

11. При расчете годового экономического эффекта соискателю следовало бы дополнительно за базу сравнения взять кроме стоимости серийной лапы, взять себестоимость восстановленной лапы наиболее распространенным способом.

Указанные замечания не снижают в целом высокого уровня диссертации и достоверности ее результатов. Представляется обоснованным и ценным сочетание разделов исследований, что позволило сформировать целостную область полученных результатов.

#### **Оценка диссертационной работы в целом**

Диссертация Бугаева Александра Вячеславовича на тему: «Восстановление работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин термодиффузионным хромированием» является завершенной, самостоятельной научно-квалификационной работой. Результаты диссертационного исследования имеют научную новизну и практическую значимость. Диссертация написана в хорошем литературном и техническом стиле. Качество оформления высокое.

## **Подтверждение опубликованных основных результатов в научной печати и соответствие автореферата диссертации**

Соискателем опубликовано 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. Количество публикаций, в которых изложены основные научные результаты диссертации, в рецензируемых журналах соответствует п. 12 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 «О порядке присуждения ученых степеней».

Содержание автореферата соответствует предъявляемым требованиям и достаточно полно отражает основные положения и научные результаты диссертации, выносимые на защиту.

### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Диссертация Бугаева Александра Вячеславовича на тему: «Восстановление работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин термодиффузионным хромированием», содержит новые научно-обоснованные технические решения по восстановлению работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны и соответствует паспорту специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, которая по актуальности, новизне и практической значимости, а также объему выполненных исследований соответствует критериям, изложенным в пунктах 9, 10, 11, 13 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, а ее автор, Бугаев Александр

Вячеславович, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Официальный оппонент:

**Юхин Иван Александрович,**



доктор технических наук

(05.20.01 – Технологии и средства

механизации сельского хозяйства), профессор,

заведующий кафедрой автотракторной техники

и теплоэнергетики ФГБОУ ВО РГАТУ

« 15 » июня 2026 г.

Подпись Юхина И.А. заверяю:

начальник управления кадров

ФГБОУ ВО РГАТУ



Бычкова Светлана Александровна

Полное наименование организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева»

Адрес: 390044, ЦФО, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1.

Тел.: 8(84912) 37-36-11.

E-mail.ru: yuival@rambler.ru.