

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу Казарина Александра Сергеевича «Совершенствование мойки деталей машин агропромышленного комплекса», представленную к защите в диссертационный совет 35.2.031.01 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. – «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса».

### **Актуальность темы диссертации**

Достижение высоких показателей качества выполняемых операций по техническому обслуживанию и ремонту (ТО и Р) машин в агропромышленном комплексе (АПК) обеспечивается эффективной очисткой деталей от эксплуатационных отложений. Моечно-очистительные операции, предшествующие ТО и Р, повышают качество их проведения, способствуют своевременному обнаружению возникающих неисправностей, обеспечивают безопасность проводимых операций, а также снижают негативное воздействие на окружающую среду. Использование современных моечно-очистительных машин и средств очистки повышают производительность процессов ТО и Р, снижают затраты материальных и трудовых ресурсов. В этой связи диссертационное исследование Казарина Александра Сергеевича, посвящённое совершенствованию технологии мойки за счёт применения усовершенствованного моеющего состава и замкнутого цикла использования растворов, несомненно, является актуальным, востребованным и обладает высокой научно-прикладной ценностью.

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

Достоверность и обоснованность представленных в работе результатов, выводов и рекомендаций по ним не вызывают сомнений. Они логически вытекают из полученных автором эмпирических зависимостей и являются новыми, обеспечены корректным сопоставлением теоретических выкладок с экспериментальными данными, опорой на обширный список литературных источников (112 наименований), применением апробированных частных методик и межгосударственных стандартов. Экспериментальная часть выполнена с применением современных методов планирования эксперимента и статистической обработки (критерии Стьюдента, Фишера, Кохрена при уровне значимости  $p \leq 0,05$ ).

**Вывод 1** гласит, что автором определены количественные характеристики формирования и удаления комплексных загрязнений с деталей основных агрегатов, состав которых выражается пропорцией минеральная : нефтяная : связующая = 3:1:1, что служит базой для целенаправленного конструирования моющих средств.

Вывод соответствует первой задаче и базируется на материалах глав 1 и 2.

**Вывод 2** свидетельствует, что теоретически и экспериментально доказано наличие синергетического эффекта у многофункциональной композиции из неионогенных и анионных поверхностно-активных веществ (ПАВ), взятых в соотношении 3:1, с введением тетраборфосфата калия (ТБФК), что позволяет одновременно повысить очищающую способность и замедлить коррозионные процессы.

Вывод относится ко второй задаче и опирается на результаты главы 3.

**Вывод 3** подтверждает, что разработанная трёхуровневая система контроля (гравиметрия, оптическая микроскопия, измерение краевого угла смачивания) позволила объективно оценить функциональные свойства композиции: достигнута

степень очистки до 98,2%, снижены скорости коррозии стали Ст3 до 0,052 г/м<sup>2</sup>·ч, сплава АЛ4 до 0,018 г/м<sup>2</sup>·ч, а сам состав отнесен к 4-му классу опасности.

Вывод соответствует третьей задаче и обоснован в главах 3 и 4 диссертации.

**Вывод 4** подтверждает получение адекватной математической модели, описывающей влияние концентрации ПАВ, тетраборфосфата калия, температуры и времени мойки на эффективность очистки. Величина энергии активации (25,7 кДж/моль) указывает на слабую температурную чувствительность предложенного состава.

Вывод отражает решение четвертой задачи и вытекает из материалов главы 4.

**Вывод 5** доказывает обоснование параметров ресурсосберегающей мойки с системой рециркуляции и регенерации растворов, обеспечивающей снижение удельного расхода воды на 86,3% (до 2,3 л/кг), моющих средств на 75,6% (до 14,2 г/кг), энергозатрат на 55,4% (до 0,41 кВт·ч/кг) и позволяющей организовать до 25 циклов использования моющего раствора.

Вывод отражает решение пятой задачи и вытекает из материалов главы 4 диссертации.

**Вывод 6** констатирует, что технология прошла успешную производственную апробацию в ООО «СПК Новоселки». Результаты внедрения: повышение степени очистки на 3,9%, сокращение времени цикла мойки на 25%, экономический эффект 703,6 тыс. руб./год, уменьшение токсичных отходов на 96,1%.

Вывод относится к шестой задаче и основан на материалах главы 5.

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

#### ***Элементы научной новизны:***

1. Установлены количественные закономерности формирования и удаления конгломератных загрязнений деталей агрегатов машин АПК, имеющих состав минеральная : нефтяная : связующая = 3 : 1 : 1.

2. Теоретически обоснован и экспериментально подтвержден синергетический эффект многофункциональной моющей композиции на основе неионогенных и анионных поверхностно-активных веществ (ПАВ) в соотношении 3:1.

3. Получена математическая модель процесса мойки, учитывающая влияние концентрации ПАВ, тетраборфосфата калия, температуры и времени обработки.

4. Обоснована трехстадийная схема мойки (иммерсионная без перемешивания – иммерсионная с перемешиванием – струйная обработка) с системой рециркуляции и регенерации, обеспечивающая до 25 циклов использования моющего раствора.

***Теоретическая значимость работы:***

- обоснованы параметры ресурсосберегающей мойки деталей;
- установлены закономерности взаимодействия многофункциональных моющих композиций с комплексными загрязнениями;
- создана адекватная математическая модель процесса ресурсосберегающей мойки.

***Практическая значимость работы:***

- разработана трёхстадийная технологическая схема ресурсосберегающей мойки с системой рециркуляции и регенерации моющего раствора;
- определены регламенты применения трехстадийной технологической схемы ресурсосберегающей мойки;
- разработана методика расчета экономического эффекта применения трехстадийной технологической схемы ресурсосберегающей мойки.

Результаты исследований внедрены в ремонтное производство ООО «СПК Новоселки» и используются для мойки деталей при ремонте агрегатов машин АПК.

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

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников из 112 наименований и приложений. Работа изложена на 191 странице, содержит 21 рисунок и 34 таблицы.

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи работы и её значение для АПК страны. Приведены основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** «Анализ современного состояния вопроса и задачи исследования» проведён анализ современных способов, установок и средств для мойки деталей агрегатов машин, раскрыты их преимущества и недостатки, рассмотрены и определены основные причины отложения загрязнений на деталях машин, приведены характеристики по видам загрязнений и наиболее применяемым для мойки деталей синтетическим моющим средствам.

**Во второй главе** «Методика, оборудование и материалы для проведения исследований» приведены методики проведения лабораторных и производственных экспериментов по определению моющих и противокоррозионных свойств исследуемой композиции моющего раствора гравиметрическим, тензиометрическим методами и оптической микроскопией. Описаномоечная установка, методы математического планирования эксперимента и статистической обработки данных.

**В третьей главе** «Исследование многофункционального моющего состава» сформирован и оптимизирован состав моющей композиции. Методами математического планирования эксперимента (дробный факторный план  $2^{4-1}$ ) установлены количественные зависимости влияния концентрации основных компонентов на моющую способность, коррозионную активность и стабильность рабочего раствора. На основе полученных математических моделей с использованием симплекс-решёточного плана была проведена многокритериальная оптимизация полученного состава с использованием

функции желательности Харрингтона и определена оптимальная рецептура моющего средства

**В четвёртой главе** «Исследование процесса мойки. Обоснование параметров ресурсосберегающей технологии» исследована кинетика процесса мойки, получена математическая модель, обоснована трёхстадийная схема с рециркуляцией и регенерацией раствора.

**В пятой главе** «Оценка эффективности сформированной ресурсосберегающей технологии мойки» приведены результаты испытаний разработанного состава в условиях ремонтного производства ООО «СПК Новоселки» Рыбновского района Рязанской области, а также результаты их технико-экономической и экологической оценки.

**Заключение** диссертационной работы содержит результаты, которые соответствуют поставленным задачам и в полной мере отражают исследования автора. Представлены рекомендации производству и перспективы дальнейшей разработки темы.

### **Замечания по диссертационной работе**

**Замечание 1.** В первой главе (стр. 11-16) приведена классификация загрязнений, но отсутствует чёткое разделение по энергии связи загрязнения с поверхностью для разных агрегатов (двигатель, КПП, гидросистема).

**Замечание 2.** В работе (стр. 43, 78, 79) использованы аналитические весы Adventurer, тензиометр К6, рН-метр, но отсутствуют данные об их поверке, классе точности и погрешности измерений.

**Замечание 3.** На стр. 70-77 при многокритериальной оптимизации использована функция желательности Харрингтона. Почему для моющей способности и коррозии выбрана экспоненциальная функция, а для стабильности – линейная?

**Замечание 4.** В таблице 3.14 (стр. 84) приведено сравнение с Лабомид-203 и МС-8. Почему не проведено сравнение с современными биоразлагаемыми составами, например, «Эколайн» или «Эко-М»?

**Замечание 5.** На рис. 4.2 (стр. 90) приведены кинетические кривые для температур 30-60°C. Почему при 60°C прирост степени очистки после 20 минут составляет менее 2% по сравнению с 50°C?

**Замечание 6.** В подразделе 4.3 (рис. 4.7) показано, что после 15 циклов содержание эмульгированных нефтепродуктов стабилизируется на уровне 3,2-3,4 г/л. Чем объясняется эта стабилизация?

**Замечание 7.** На стр. 132 указано, что снижение температуры в рабочей зоне с 32-35°C до 24-26°C улучшило условия труда. Учитывалось ли это в экономическом расчёте (снижение затрат на вентиляцию)?

**Замечание 8.** В работе не указаны ограничения по применению разработанного состава по типам загрязнений, материалам деталей.

**Замечание 9.** В списке литературы (стр. 137–150) присутствуют источники на русском и английском языках. Однако в некоторых библиографических описаниях отсутствует указание на DOI для статей, которые его имеют, что затрудняет их поиск (например, источники 103, 108, 110).

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

Диссертация соответствует паспорту специальности 4.3.1 – «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса». Наиболее ценным для науки является раздел 3, в котором сформирован и оптимизирован состав моющей композиции. Методами математического планирования эксперимента (дробный факторный план  $2^{4-1}$ ) установлены количественные зависимости влияния концентрации основных компонентов на моющую способность, коррозионную активность и стабильность рабочего раствора. На основе полученных математических моделей с использованием симплекс-решёточного плана была проведена многокритериальная оптимизация полученного состава с

использованием функции желательности Харрингтона и определена оптимальная рецептура моющего средства. Наиболее ценным для практики – разделы 4 и 5, в которых приведены результаты исследования кинетики процесса мойки, обоснована трёхстадийная схема мойки с рециркуляцией и регенерацией раствора, приведены результаты испытаний разработанного состава в условиях ремонтного производства ООО «СПК Новоселки» Рыбновского района Рязанской области, а также результаты их технико-экономической и экологической оценки.

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

Основные результаты диссертации достаточно полно отражены в 12 печатных работах, из которых 2 опубликованы в изданиях, включенных в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёных степеней доктора и кандидата наук» ВАК РФ, получен 1 патент РФ на изобретение и 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. 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 учёных степеней».

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации и предъявляемым требованиям. Диссертационная работа и автореферат изложены технически грамотным языком.

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

Диссертация Казарина Александра Сергеевича «Совершенствование мойки деталей машин агропромышленного комплекса» содержит новые научно

обоснованные технические решения в области мойки деталей машин АПК, внедрение которых является важной задачей и соответствует паспорту специальности 4.3.1 – «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса».

Диссертация Казарина Александра Сергеевича является законченной научно-квалификационной работой. По объёму, достоверности и практической значимости полученных результатов работа соответствует п. 9–14 «Положения о присуждении учёных степеней» (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013), а её автор, Казарин Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1 – «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса».

**Официальный оппонент:**

доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет» (ЧГАУ), кандидат технических наук, доцент

Смирнов Анатолий Германович

«12» мая 2026 г.

|           |              |
|-----------|--------------|
| Подпись   | Смирнов А.Т. |
| Засеяю    | Григорьев СВ |
| должность | ОБЗ          |
| 13        | мая 20 26    |



**Справочные данные:**

Смирнов Анатолий Германович, научная специальность 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

428000, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29.

Тел.: 8-927-847-79-49, e-mail: stts@lenta.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет» (ЧГАУ).