

На правах рукописи



МИТРОХИНА ЕКАТЕРИНА ВЛАДИМИРОВНА

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МОЙКИ ДЕТАЛЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ ТЕХНИКИ В СЕЛЬСКОМ
ХОЗЯЙСТВЕ**

Специальность: 05.20.03 Технологии и средства технического
обслуживания в сельском хозяйстве

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ).

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент

Фадеев Иван Васильевич

**Официальные
оппоненты**

Серпокровлов Николай Сергеевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», профессор кафедры «Водоснабжение и водоотведение»

Кирилин Александр Васильевич, кандидат технических наук, ООО «Стеклотара» г. Рязань, заместитель генерального директора по общим вопросам

**Ведущая
организация:**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»

Защита диссертации состоится «19» октября 2021 года в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.057.03 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» по адресу 390044, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д.1, зал заседаний диссертационного совета

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО РГАТУ, на сайте: www.rgatu.ru, с авторефератом – на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства науки и высшего образования Российской Федерации <https://vak.minobrnauki.gov.ru>

Автореферат разослан « » _____ 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук, доцент



Юхин И.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Наружная мойка снятых с машины неисправных агрегатов и мойка деталей разобранных агрегатов включены в «технологические процессы ремонта машин и предусматривают использование синтетических моющих средств (СМС). Процессы мойки и очистки загрязненных агрегатов, узлов и деталей» относятся к операциям, которые повышают непривлекательность технологических процессов ремонта. СМС, которые выпускаются промышленностью и используются в настоящее время на различных предприятиях, занятых ремонтом машин не обладают достаточными моющими и противокоррозионными свойствами, они негативно влияют на здоровье людей и природу, потому что в их состав входят токсичные вещества. К ним, в первую очередь, можно отнести хроматы, присутствие которых ухудшает противокоррозионные свойства СМС.

Низкая эффективность технологического процесса мойки деталей существенно снижает качество ремонта, а также ресурс отремонтированных машин на 20-30%, производительность труда ремонтных работ снижается до 8%, повышаются трудовые и материальные затраты и отрицательное воздействие на здоровье людей, окружающую природу.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод, что совершенствование технологического процесса мойки деталей при ремонте машин в сельском хозяйстве является **актуальной** задачей, решение которой способствует развитию агропромышленного комплекса страны.

Степень разработанности темы исследования. При сравнительно высокой относительной влажности воздуха на поверхности металлических изделий в результате постепенной адсорбции из воздуха образуется пленка влаги, которая, смешиваясь с механическими и химическими примесями атмосферного воздуха, загрязняет поверхности машин, их агрегатов, узлов и деталей. Загрязнения и их смеси, осаждаются как на наружных, так и на внутренних поверхностях деталей, вызывая коррозионное разрушение и способствуя снижению ресурса машин и их агрегатов, в связи с чем высокая относительная влажность воздуха является одним из основных факторов, вызывающих загрязнение поверхности машин, их агрегатов, узлов и деталей.

Вопросами совершенствования и повышения эффективности процессов очистки, мойки и коррозионной стойкости деталей, узлов и агрегатов машин занимались и занимаются российские и зарубежные ученые Н.В. Алдошин, Л.М. Гуревич, Н.Ф. Тельнов, А.Д. Бровченко, Н.В. Бышов, О.Н. Дидманидзе, Б.П. Загородских, В.И. Карагодин, Ю.С. Козлов, А.В. Кирилин, А.И. Королев, В.М. Приходько, Е.В. Пухов, П.А. Ребиндер, А.Н. Ременцов, И.Л. Розенфельд, Н.С. Серпокровлов, Ш.В. Садетдинов, И.А. Успенский, И.В. Фадеев, А.В. Шемякин, И.А. Юхин, L. Yang, K.S. Rojagoplan и многие другие.

Решение задачи «совершенствования технологического процесса мойки деталей позволяет повысить экологичность процесса мойки, производительность труда, качество дефектовки, коррозионную стойкость и ресурс деталей, улучшить условия труда, моющие и ингибиторные свойства растворов СМС, что способствует экономии трудовых и материальных затрат при ремонте машин».

Цель исследования – повышение эффективности мойки деталей машин при ремонте в сельском хозяйстве.

Эффективность технологического процесса мойки в свою очередь определяется степенью очистки и коррозионной стойкостью поверхности деталей после мойки, которые зависят от режима, способа мойки, средств и оборудования для мойки. Их выбор определяется видом загрязнений, размерами и материалом деталей. Исходя из этого для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Улучшить моющие и противокоррозионные свойства синтетического моющего средства путем введения в его раствор специальной добавки.

2. Провести экспериментальные исследования по установлению закономерностей влияния соотношения концентраций СМС и специальной добавки в растворе на изменения моющих и противокоррозионных свойств раствора. Экспериментально определить рациональные значения концентраций компонентов в моющем растворе.

3. Изучить и определить возможность повышения ресурса отремонтированных агрегатов за счет совершенствования технологического процесса мойки деталей при ремонте техники.

4. Проверка результатов исследования в условиях производства и их технико-экономическая оценка.

Объект исследования: технологический процесс удаления загрязнений с поверхности деталей под воздействием моющих растворов.

Предмет исследования. Моющие растворы для мойки деталей, их состав и свойства. Влияние на свойства растворов соединения бора.

Научная новизна работы:

– получены уравнения, отражающие влияние концентраций СМС и активизирующей добавки на моющие и противокоррозионные свойства моющих растворов;

– получен состав для мойки деталей, который обеспечивает степень очистки и коррозионную стойкость поверхности вымытых деталей до 95,78% и 16,2 суток соответственно;

– экспериментально доказана зависимость качества очистки и противокоррозионной стойкости деталей машин от соотношения концентрации компонентов в составе разработанного раствора;

– получена зависимость степени очистки от соотношения концентраций СМС и добавки в моющем растворе.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в том, что улучшены моющие и противокоррозионные свойства синтетического моющего средства «Темп-100» введением в его раствор добавки тетрабората аммония.

Практическая значимость работы заключается в том, что межремонтный ресурс двигателя при мойке деталей в 7%-м растворе «Темп-100» с добавкой ТБА концентрацией 5 г/л (4970,5 мото-ч.) в сравнении с мойкой в 7%-м растворе «Темп-100» (4181 мото-ч.) повышается на 19%.

Реализация результатов исследования. Результаты исследований внедрены в производство и используются в технологических процессах ТО и ремонта сельскохозяйственной техники в ООО «Рассвет» (391007, Рязанская область, Клепиковский район, с. Давыдово).

Методы исследований. Для проведения исследований использовали методы корреляционного и регрессионного анализа, математического моделирования, теории планирования экспериментов, теории вероятностей и математической статистики.

При проведении лабораторных и производственных исследований использовали собственные методики, которые разрабатывали на основе нормативно-технических документов. Моющую способность и смачиваемость растворов определяли гравиметрическим методом, а противокоррозионные свойства – гравиметрическим, электрохимическим и потенциодинамическим методами, используя растворы хлорида натрия и СМС без добавки и с добавкой соединения бора.

Положения, выносимые на защиту:

1. Улучшение моющих и противокоррозионных свойств СМС путем введения в его раствор специальной добавки.
2. Зависимость степени очистки от соотношения компонентов в многокомпонентном растворе для мойки деталей.
3. Повышение ресурса отремонтированных агрегатов за счет совершенствования технологического процесса мойки деталей.
4. Результаты производственной проверки полученных результатов.

Степень достоверности результатов исследования. Применение поверенных средств измерений, современных методов моделирования экспериментов и обработки результатов лабораторных и производственных экспериментов обеспечило обоснованные и достоверные результаты исследования, которые соответствуют теме и общим выводам диссертации.

Личный вклад соискателя. Состоит в участии в формулировании цели, разработке и конкретизации задач диссертации, определении направлений теоретических и экспериментальных исследований.

Апробация результатов исследования. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на научно-практических конференциях *международных*: «Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений» (г. Рязань, РГАТУ им. П.А. Костычева, 2020 г.), «Актуальные вопросы совершенствования технической эксплуатации мобильной техники» (г. Рязань, РГАТУ им. П.А. Костычева, 2020 г.), *всероссийской с международным участием*: «Подготовка кадров на технолого-экономическом факультете: традиции и направления развития» (г. Чебоксары, ЧГПУ им И.Я. Яковлева, 2020 г.).

Публикации. Материалы диссертации изложены соискателем в 9 работах: в 1-й статье в издании Web of Sciense, 3-х статьях в изданиях, рекомендованных ВАК. Объем публикаций составляет 2,68 усл. п. л., в т. ч. авторская доля – 1,12 усл. п. л.

Структура и объем диссертации. Диссертация включает введение, пять глав, заключение, список литературы из 141 наименования, в том числе 6 наименований на иностранных языках, и 2 приложения, изложена на 140 страницах, содержит 25 таблиц и 39 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы исследования и описывается степень ее разработанности, ставятся цель и задачи исследований, раскрываются методология и методы исследований, приводятся научная новизна, теоретическая и практическая значимости работы, основные положения диссертации, выносимые на защиту, отражены степень достоверности и апробация результатов исследования.

В первой главе «Современное состояние вопроса и задачи исследования» обоснована необходимость мойки и очистки узлов, агрегатов и деталей в технологических процессах ТО и ремонта машин, выявлены основные факторы, вызывающие загрязнение поверхностей деталей машин, приведена классификация загрязнений, выполнен анализ способов, методов и средств мойки узлов, агрегатов и деталей машин в технологических процессах ремонта, рассмотрены их преимущества и недостатки, представлены краткие характеристики наиболее часто используемых для этих целей СМС и оборудования, описан технологический процесс мойки узлов, агрегатов и деталей машин.

В технологических процессах ремонта машин трудоемкость мойки и очистки составляет около 10% от общей трудоемкости. На мойку ежегодно расходуются десятки тысяч тонн моющих средств, задействованы огромные людские ресурсы. Отсюда вытекает необходимость совершенствования технологического процесса мойки для повышения качества ремонтных работ, производительности труда, снижения вредного воздействия на окружающую среду и здоровье работников.

Для мойки деталей узлов и агрегатов перед их ремонтом используют различные способы: с применением струи воды высокого давления (непрерывной, пульсирующей струей, пароводоструйная); в моечных камерах (с вибрацией и без вибрации детали); погружением в ванну с моющим раствором (с возбуждением жидкости с помощью колеблющейся платформы, лопастных гидравлических винтов, ультразвука и др.

Проведенный анализ позволяет констатировать, что самыми перспективными и используемыми из имеющихся технологий мойки являются технологии с применением струи воды высокого давления.

В последние годы в связи с возросшими требованиями к охране окружающей среды резко вырос интерес к применению в ремонтном производстве водорастворимых негорючих синтетических моющих средств (СМС), действие которых основано на растворении, адсорбции, эмульгировании, диспергировании загрязнений и других процессах. Анализ априорной информации позволяет сделать вывод, что наиболее приемлемым средством для мойки деталей двигателей в ремонтном производстве предприятий сельскохозяйственного назначения является СМС «Темп-100» (ТУ 2149-133-10968286-2001), который представляет собой смесь поверхностно-активных веществ (ПАВ), неорганических солей и модифицирующих добавок. Его основными компонентами являются: синтанол ДС-10, оксифос или эстефат, тринатрийфосфат, метасиликат натрия, карбонат натрия и сульфат натрия. Предназначен для удаления различных загрязнений при ТО и ремонте тракторов, автомобилей, сельхозмашин, их агрегатов и деталей от масляных и асфальто-смолистых загрязнений, окислов, сажисто-углеродистых, атмосферных и эксплуатационных загрязнений в моечных установках струйного типа. К его недостаткам можно отнести низкую скорость очистки, недостаточные моющие и пассивирующие действия по отношению к очищаемой металлической поверхности, плохую очистку от асфальто-смолистых отложений, необходимость поддержания высоких температур моющих композиций и связанные с этим затраты энергии.

В связи с изложенным используемые в настоящее время СМС, в т. ч. и «Темп-100», нуждаются в улучшении моющих и противокоррозионных свойств. При разработке их рецептур следует применять системный подход, учитывающий экологичность получаемых составов.

Во второй главе «Теоретические предпосылки повышения ресурса отремонтированных агрегатов» проведены теоретические исследования совершенствования технологического процесса мойки деталей при ремонте агрегатов машин.

Технологический процесс мойки представляет собой комплекс параллельно-последовательных физико-химических и физико-механических процессов, в основе которых лежат явления смачивания, адсорбции,

диспергирования и др. Он определяется природой субстрата (очищаемой поверхности), загрязнения (жидкость, твердое тело, растворимые в данной среде или нет), среды, в которой проводится очистка (воздух, вода, жидкость, эмульсия), моющих средств (ПАВ, активирующие добавки, щелочи, кислоты и т.д.), способом и интенсивностью механического воздействия (перемешивание, пульсация, вибрация, ультразвук и т.д.).

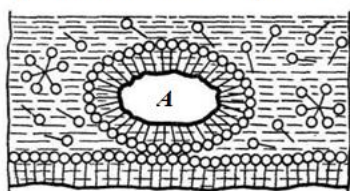
Первой фазой любого процесса отмыwania загрязнений является смачивание (вытеснение жидкой фазой другой фазы из твердого или жидкого тела). Чем лучше контакт моющего средства с обмываемой поверхностью, тем при прочих равных условиях сильнее моющее действие и наоборот.

В загрязнениях содержатся и гидрофобные частицы, которые не смачиваются водой (частицы нагара, масел, смол, песка и т.п.). Для их смачивания и последующего удаления моющая жидкость должна содержать ПАВ и специальные добавки. Степень очистки загрязненных поверхностей деталей, узлов и агрегатов повышается за счет использования моющих растворов и специальных добавок в их составе с высокими смачивающими свойствами, которые оцениваются краевым углом смачивания θ .

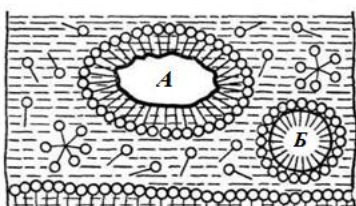


В общем виде процесс мойки при удалении частиц грязи можно разделить на три стадии (рис.1).

I стадия – молекулы ПАВ адсорбируются на твердой частице грязи и отмываемой поверхности;



II стадия – молекулы ПАВ отделяют грязевую частицу от отмываемой поверхности;



III стадия – твердая и жидкая грязевые частицы в моющем растворе оседают на дно ванны или всплывают на поверхность.

Рисунок 1 – Стадии моющего процесса при удалении частиц грязи

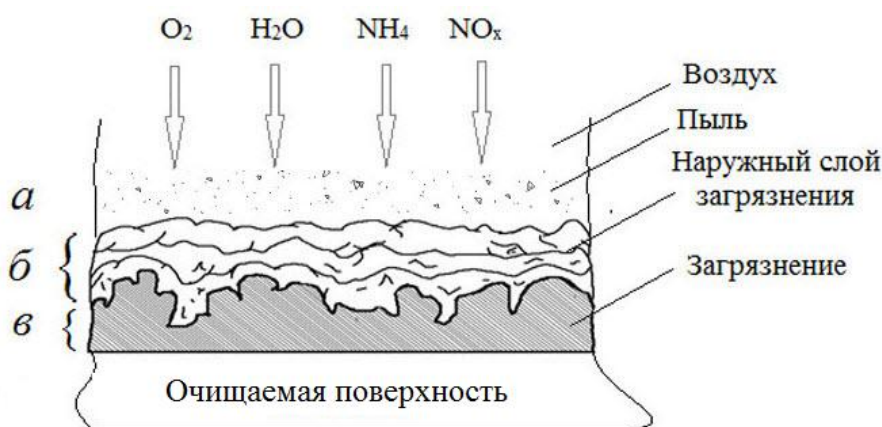
Механизм моющего действия определяется солубилизацией (коллоидным растворением), т. е. самопроизвольным переходом в раствор нерастворимых или малорастворимых веществ под действием ПАВ.

В результате пептизации твердых загрязнений (процесс повышения дисперсности (раздробленности)) образуются суспензии – взвеси нерастворимых в моющем растворе твердых частиц. Особенно опасны суспензии, образованные частицами менее 1 мк, т.к. они не оседают в течение более одного года, в то время как частицы того же материала размерами 1 мк

могут оседать за сутки. Пептизаторы, адсорбируясь на частицах загрязнения (или коагулята), увеличивают гидратацию и заряд его частиц, что приводит к ослаблению связи между ними.

При растворении СМС в воде происходит реакция гидролиза. В результате образуется обильная пена, которая и втягивает в себя (сортирует) частицы грязи, содержащиеся в воде и на очищаемом объекте. Ее количество регулируется ПАВом, поскольку и недостаток, и переизбыток пены в равной степени ухудшают качество очищения поверхности.

Загрязнение на поверхности металла условно можно разделить на три слоя (рис.2).



а – наружный слой, включающий пыль и другие легко отделимые примеси; *б* – средний слой, более плотный, требующий применения специальных устройств для очистки; *в* – внутренний слой, самый плотный, требующий для очистки применения СМС и различных добавок к ним

Рисунок 2 – Общий вид загрязнения на поверхности изделия

Первые два слоя можно удалить струйной мойкой, которая основана на преобразовании статистического напора жидкости в динамический. Загрязнения удаляются ударом струи, сила которого определяется по формуле:

$$P = m_0 \cdot v_0 \cdot (1 - \cos \alpha) = \rho \cdot \omega_0 \cdot v_0^2 \cdot (1 - \cos \alpha), \quad (1)$$

где P – сила удара струи, Н; m_0 – масса жидкости за секунду, кг/с; ω_0 – живое сечение набегающей струи, м²; ρ – плотность жидкости, кг/м³; v_0 – скорость потока (скорость истечения воды из сопла), м/с; α – угол оттекания струи от точки встречи с преградой, рад.

Следовательно, ударный импульс (сила удара) струи, в итоге и эффективность водоструйной мойки зависят от скорости потока v_0 , которая в свою очередь определяется по известной зависимости:

$$v_0 = \varphi \cdot \sqrt{2gH}, \quad (2)$$

где $\varphi = 0,475 - 0,98$ – коэффициент скорости, зависящий от типа насадки и формы отверстия; g – ускорение свободного падения, м/с²; H – напор воды, м.

Из этой формулы имеем расход воды через сечение насадки d :

$$Q = \frac{\pi d^2 v_o}{4 \cdot 1000}; \quad (3)$$

Можно установить, что уменьшая диаметр сопла d и увеличивая скорость истечения воды v_o (увеличением напора H), можно увеличивать силу удара струи P при неизменном расходе воды Q .

Условия отрыва частицы загрязнения от поверхности изделия можно определить по схеме сил, действующих на частицу загрязнения, которая показана на рис.3.

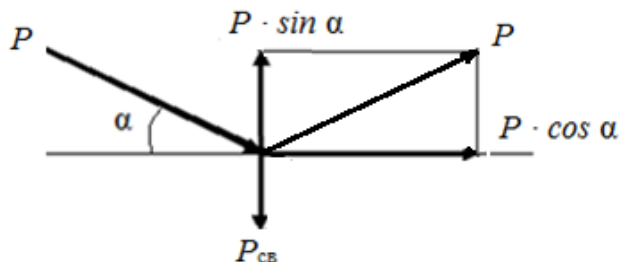


Рисунок 3 – Схема сил воздействия струи жидкости на частицу загрязнения на поверхности изделия

Отрыв частицы загрязнения от поверхности произойдет при условии превышения динамических воздействий напора моющей жидкости над когезионно-адгезионными свойствами загрязнений:

$$P \cdot \sin \alpha \gg P_{св}. \quad (4)$$

Основными оценочными показателями моющего средства являются его моющая способность, характеризующая степень очистки поверхностей от загрязнений, и противокоррозионные свойства, характеризующие продолжительностью времени до появления первых очагов коррозии на поверхности образцов после мойки в растворе моющего средства.

Степень очистки ($C_{оч.}$) поверхностей часто оценивается визуально, но для количественной оценки можно воспользоваться гравиметрическим (весовым) методом с использованием формулы:

$$C_{оч.} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\%, \quad (5)$$

где M_1 – масса загрязнения на испытуемых образцах, г; M_2 – масса оставшегося загрязнения на очищаемых образцах после мойки, г.

Вторым немаловажным показателем моющего средства является способность повышать противокоррозионную стойкость очищаемой поверхности за счет формирования на ней защитной пленки.

На оба оценочных критерия моющего средства влияет концентрация СМС в растворе, а на моющую способность – еще температура раствора; продолжительность мойки; вид и степень загрязнения.

В третьей главе «Методика проведения экспериментов» представлены разработанные методики проведения лабораторных и производственных экспериментов по определению моющих и противокоррозионных свойств

исследуемой композиции моющего раствора гравиметрическим, электрохимическим и потенциостатическим методами. Для производственных испытаний была разработана методика оценки противокоррозионных свойств растворов с фиксацией продолжительности времени с момента завершения мойки деталей до появления на их поверхности первых очагов коррозии.

Исследования моющих свойств растворов проводились на лабораторной моечной установке. В качестве образцов использовались шлифованные с одной стороны пластины из стали 40Х размером 100×30×2 мм.

Порядок выполнения работ был следующий: подготовка образцов (удаление первичных продуктов коррозии и окислов); измерение размеров образцов (трехкратная повторность); обезжиривание поверхности образцов с одной стороны венской известью, промывка холодной водой и просушка между листами фильтровальной бумаги; взвешивание образцов; нанесение на обезжиренную поверхность образцов модельного загрязнения в количестве 0,1 г равномерным слоем с одной стороны образца; выдерживание образцов на воздухе в течение 30 мин; взвешивание образцов с загрязнением; заполнение ванны моечной установки водой, подогрев до температуры 85-90°C и постепенное добавление моющего средства; помещение образцов в моечную установку; определение моющей способности раствора весовым методом при продолжительности процесса мойки 5 мин.

Смачивающую способность определяли последовательным погружением образцов в моющий раствор и в деминерализованную воду на 10 секунд. После выемки образцов из воды визуально фиксировали продолжительность времени до нарушения сплошности водяной пленки. Разрыв пленки на поверхности от краев образцов менее 10 мм не учитывали. Смачиваемость определяли продолжительностью времени в секундах с момента выемки образцов из воды до нарушения сплошности пленки.

Коррозионные потери металла определяли по формуле (6) весовым методом по убыли массы образцов в процессе эксперимента.

$$K = \frac{M_1 - M_2}{P \cdot T} \times 10000 \times 8760, \quad (6)$$

где M_1 ; M_2 – масса образцов до и после экспериментов, г;

P – площадь образца, см²;

T – продолжительность выдержки образцов в электролите, ч.

10000 – коэффициент перевода квадратного метра в квадратные сантиметры;

8760 – продолжительность времени года в часах (24×365).

К параметрам технологического процесса мойки относится состав моющего раствора по включенным компонентам и их концентрации. Для определения рационального состава моющих растворов первоначально исследовалась рациональная концентрация СМС «Темп-100» и активизирующей

добавки ТБА в растворах, а затем определялся рациональный состав моющего раствора. Рассматривались моющие растворы на основе СМС «Темп-100» с ТБА в различных соотношениях.

Была составлена матрица планирования полного факторного эксперимента с двумя факторами, где было предусмотрено одновременное изменение концентраций «Темп-100» и ТБА. Моющая способность растворов выражалась степенью очистки образцов от модельного загрязнения, которую определяли по формуле (5).

Разработана методика коррозионно-электрохимических исследований, которая предусматривает выявление характера изменения электродных потенциалов корродирующих металлов во времени и определение величины установившегося (стационарного) потенциала, так как он характеризует процессы коррозии в течение длительного времени.

В четвертой главе «Результаты лабораторных исследований» проведены лабораторные исследования по определению оптимальной концентрации «Темп-100» в водных растворах, которые показали, что при повышении концентрации СМС в моющем растворе до 7% наблюдается увеличение степени очистки более 83%. Дальнейшее увеличение концентрации СМС в моющем растворе не приводит к существенному изменению результатов (рис. 5).

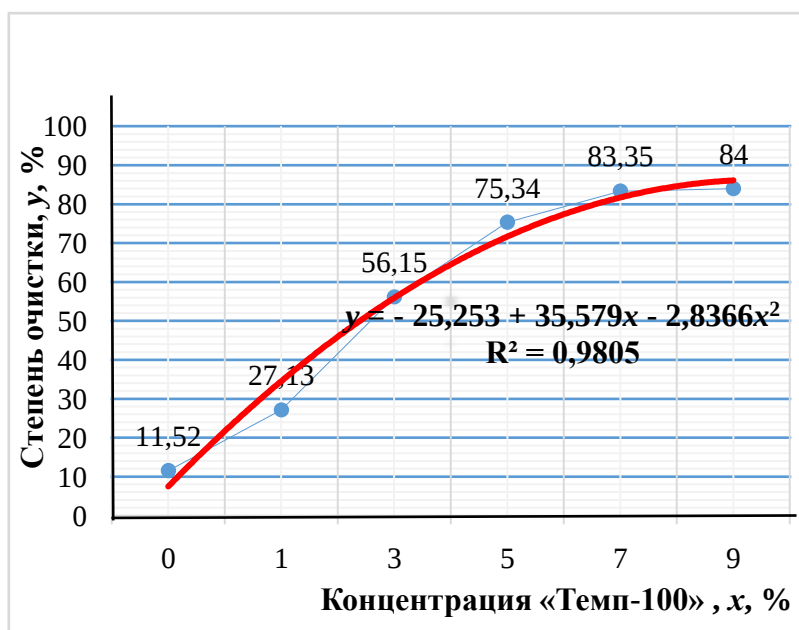


Рисунок 5 – Зависимость степени очистки образцов (y, %) от концентрации «Темп-100» (x, %) в моющем растворе при температуре 80-90°C и продолжительности мойки 5 мин

Влияние раствора «Темп-100» на коррозионную стойкость образцов незначительно (табл. 1). Для повышения противокоррозионных свойств необходимо применение специальных добавок.

Таблица 1 – Результаты исследования коррозионной стойкости образцов из стали 40Х после мойки в растворе «Темп-100» различной концентрации

Концентрация «Темп-100» в растворе, %	Продолжительность времени до появления первых очагов коррозии на поверхности образцов, суток	
	по образцам	средняя по варианту
0 (контроль)	2; 2; 3; 2; 2	2,2
1	4; 4; 4; 3; 4	3,8
3	5; 4; 4; 5; 4	4,4
5	6; 7; 7; 6; 7	6,6
7	7; 8; 7; 8; 8	7,6
9	8; 8; 8; 7; 8	7,8

Из табл. 1 и рис. 5 видно, что наилучшая очистка и защита поверхности образцов от коррозии обеспечивается при концентрации «Темп-100» от 7 до 9%, но в связи с несущественным отличием выходных параметров при этих концентрациях и из экономических соображений концентрация «Темп-100» в моющем растворе более 7% не рекомендуется, так как приводит к неоправданному его перерасходу. При этом следует отметить, что «Темп-100» нуждается в повышении моющих и противокоррозионных свойств, одним из способов решения которого является использование специальной добавки, в качестве которой мы предлагаем тетраборат аммония $((\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7)$, проявляющий моющие и противокоррозионные свойства в водных средах и являющийся экологически безвредной добавкой.

Условия экспериментов: 7%-й раствор «Темп-100»; добавка ТБА концентрациями в растворах «Темп-100» 1, 2, 3, 4, 5, 6 г/л; температура растворов 80-90 °С; число опытов в варианте – 5; продолжительность мойки 5 мин; загрязнение – искусственное (рис. 6).

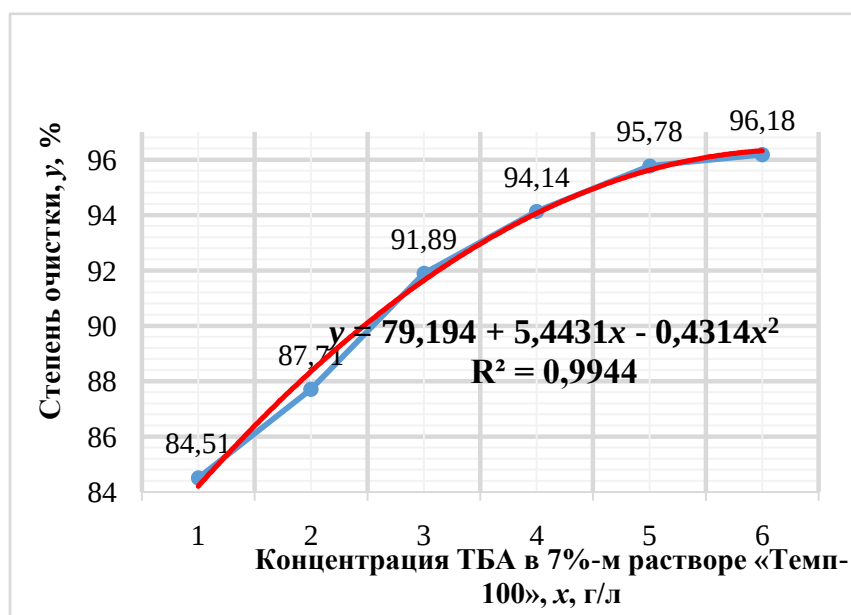


Рисунок 6 –
Зависимость степени
очистки образцов в 7%-м
водном растворе «Темп-
100» от концентрации
ТБА

Установлено, что степень очистки образцов в 7%-м растворе «Темп-100» с увеличением концентрации ТБА повышается и достигает значения 95,78% и 96,18% при концентрациях ТБА 5 г/л и 6 г/л соответственно, т. е. они отличаются несущественно. Следовательно, за оптимальную концентрацию ТБА в 7%-м растворе «Темп-100» принимаем концентрацию, равную 5 г/л.

Для проверки гипотезы о возможности улучшения противокоррозионных свойств моющих средств получены зависимости скорости коррозии (K_{cp}), ингибиторного эффекта (γ_{cp}) и степени защиты (Z_{cp}) стали 40Х в 3%-х растворах NaCl в присутствии «Темп-100» от концентрации ТБА за 30 суток (рис. 7).

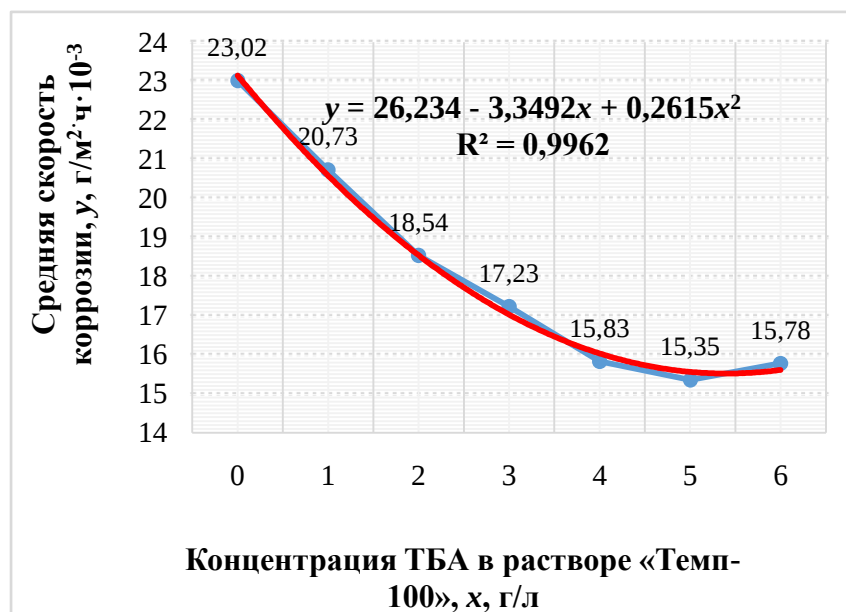


Рисунок 7 –
Зависимость скорости коррозии стали 40Хв 3%-х растворах NaCl в присутствии «Темп-100» концентрацией 7% от концентрации ТБА за 30 суток

Оказалось, что зависимости всех трех показателей достигают экстремума в зоне концентрации ТБА, равной 5 г/л. При увеличении концентрации ТБА свыше 5 г/л заметное повышение защитных свойств растворов не наблюдается.

В производственных условиях противокоррозионные свойства исследуемых растворов определяли по продолжительности времени (сутки) с момента завершения мойки до появления первых очагов коррозии на поверхности вымытых деталей. В качестве моющих растворов использовали 7%-й раствор «Темп-100 без добавки и с добавкой ТБА концентрацией 1,0, 2,5, 5,0 и 6,0 г/л (рис. 8).

Из рисунка 8 видно, что присутствие ТБА концентрацией 5 г/л в 7%-м растворе «Темп-100» повышает противокоррозионные свойства раствора в 2,1 раза.

Эксперименты по исследованию зависимости степени очистки от соотношения концентраций «Темп-100» и ТБА в растворе проведены с использованием разработанной матрицы в соответствии с планом эксперимента $N = 2^2$.

Полученное уравнение регрессии $y = 93,8 + 0,3x_2 - 0,25x_1x_2$ позволяет при разработке технологических процессов мойки обоснованно выбирать состав моющего раствора в зависимости от требуемой степени очистки изделий.

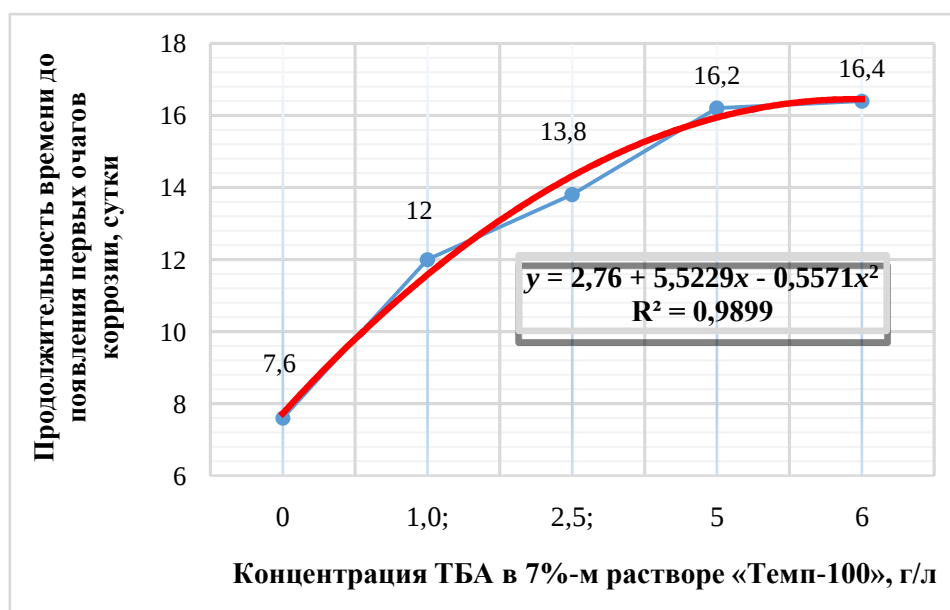


Рисунок 8 – Зависимость продолжительности времени до появления первых очагов коррозии на поверхности стали 40Х после мойки в 7%-м растворе «Темп-100» от концентрации ТБА

В пятой главе «Производственные испытания разработанного состава» обоснован выбор марки трактора и его агрегата – двигателя для подконтрольной эксплуатации на основе изучения парка техники РФ и Рязанской области.

Производственная проверка полученных результатов проводилась в ООО «Рассвет». На учет принимались тракторы МТЗ в первый раз поступающие на ремонт двигателя. В ходе технологического процесса ремонта мойку деталей разобранных двигателей выполняли:

1. в 7%-м растворе «Темп-100» без добавки ТБА;
2. в 7%-м растворе «Темп-100» с добавкой ТБА концентрацией 5 г/л.

Продолжительность мойки и температура моющего раствора во всех случаях были идентичными и составляли 5 мин и 85°С. Владельцы тракторов с наступлением следующего срока ремонта двигателя сообщали показание счетчика мото-часов, по которым определялся ресурс двигателя между первым и вторым ремонтами. По каждой выборке рассчитывали средние ресурсы экспериментальных двигателей по рассматриваемым двум вариантам, которые составили соответственно 4181 и 4970,5 мото-ч. Наилучшие результаты получены при использовании 7%-го раствора «Темп-100» с добавкой ТБА концентрацией 5 г/л.

При расчете экономической эффективности результатов исследования за базу для сравнения был принят первый вариант, т. е. мойка в 7%-м растворе «Темп-100». Экономический эффект (руб.) от применения ТБА концентрацией 5 г/л в составе 7%-го раствора «Темп-100» по отношению к 7%-му раствору «Темп-100» без ТБА определяется по выражению:

$$\mathcal{E}_{\text{ТБА}} = (C_{\text{Темп-100}}^{\text{Темп-100}}_{\text{общ.}} - C_{\text{Темп-100+ТБА}}^{\text{Темп-100+ТБА}}_{\text{общ.}}) \times L_{\text{нар. ТБА}}, \quad (8)$$

где $C_{\text{Темп-100}}^{\text{Темп-100}}_{\text{общ.}}$ – общие удельные затраты (сумма удельных затрат на разовую мойку и удельных затрат на ремонт двигателя) при мойке деталей двигателя в 7%-м растворе «Темп-100», руб./мото-ч.;

$C_{\text{Темп-100+ТБА}}^{\text{Темп-100+ТБА}}_{\text{общ.}}$ – общие удельные затраты (сумма удельных затрат на разовую мойку и удельных затрат на ремонт двигателя) при мойке деталей двигателя в 7%-м растворе «Темп-100» в смеси с ТБА концентрацией 5 г/л, руб./мото-ч.;

$L_{\text{нар. ТБА}}$ – средний межремонтный ресурс двигателей, детали которых вымыты в 7%-м растворе «Темп-100» в смеси с ТБА концентрацией 5 г/л, мото-ч.

Общие удельные затраты (затраты на 1 мото-ч.) определяются, как сумма удельных затрат на разовую мойку и ремонт двигателя (табл.2).

Таблица 2 – Общие удельные затраты по составам моющего раствора

Моющее средство	Стоимость разовой мойки, руб.	Средний ресурс экспериментальных двигателей, мото-ч.	Удельная стоимость, руб./мото-ч.		Общие удельные затраты, руб./мото-ч.
			разовой мойки	ремонта ДВС	
7%-й раствор «Темп-100»	284,02	4181	0,068	6,22	6,288
7%-й раствор «Темп-100» в смеси с ТБА концентрацией 5 г/л	332,74	4970,5	0,067	5,23	5,297

Экономический эффект от применения ТБА концентрацией 5 г/л в составе раствора «Темп-100» достигается за счет увеличения межремонтного ресурса двигателей на 19% (на 789,5 мото-ч.), повышения производительности труда на 8% и по отношению к 7%-му раствору «Темп-100» составляет 4925,77 руб. в расчете на один отремонтированный двигатель.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Улучшены моющие и противокоррозионные свойства синтетического моющего средства «Темп-100» путем введения в его раствор добавки тетрабората аммония.

2. Доказано, что зависимости степени очистки образцов от концентраций и «Темп-100», и ТБА описываются уравнениями полиномиальной зависимости 2-й степени. Экспериментально обоснованы области рациональных значений концентраций «Темп-100» – 7% и добавки ТБА – 5 г/л в растворе для мойки деталей машин при их ремонте. В таком растворе степень очистки деталей достигает значения 95,78%, а без добавки ТБА – 83,35%.

3. В производственных условиях доказано, что использование ТБА концентрацией 5 г/л в 7%-м растворе «Темп-100» повышает

противокоррозионную стойкость вымытых деталей до 16,2 суток против 7,6 суток после мойки 7%-м растворе «Темп-100» без ТБА (повышение противокоррозионной стойкости деталей в 2,1 раза), что позволяет исключить дополнительную консервационную обработку деталей в межоперационный период хранения.

4. Производственная проверка полученных результатов проводилась в ООО «Рассвет» Рязанской области по тракторам МТЗ-80, МТЗ-82, МТЗ-80Л, МТЗ-82Л, впервые поступающим на ремонт двигателя. Мойку деталей поступившего на ремонт двигателя после его разборки выполняли или в 7%-м растворе «Темп-100», или в 7%-м растворе «Темп-100» с добавкой ТБА концентрацией 5 г/л. Межремонтный ресурс двигателя при мойке деталей в 7%-м растворе «Темп-100» с добавкой ТБА концентрацией 5 г/л (4970,5 мото-ч.) в сравнении с мойкой в 7%-м растворе «Темп-100» (4181 мото-ч.) повышается на 19%.

5. Расчетная величина экономического эффекта от использования разработанного состава в сравнении с 7%-м раствором «Темп-100» составляет 4925,77 руб. на один отремонтированный двигатель.

Рекомендации производству. Для повышения эффективности технологического процесса мойки деталей, межремонтного ресурса агрегатов, производительности труда и улучшения санитарно-гигиенических условий труда работников при ремонте машин рекомендуется использовать 7%-й раствор «Темп-100» с добавкой ТБА концентрацией 5 г/л.

Перспективы дальнейшей разработки темы. С целью снижения негативного воздействия технологического процесса мойки на окружающую среду и здоровье работников, повышения качества мойки при снижении трудовых и материальных затрат необходимо продолжить исследования в данном направлении.

Положения диссертации и полученные результаты отражены в следующих основных публикациях:

Публикации в изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки России

1. Митрохина, Е.В. Улучшение защитных свойств противокоррозионной мастики / И.А. Успенский, И.В. Фадеев, А.И. Ушанев, С.Н. Кулик, Е.В. Митрохина // Вестник РГАТУ – 2020 – №2. – С. 96-101.

2. Митрохина, Е.В. Получение ингибиторов коррозии черных металлов методом физико-химического анализа / И.А. Успенский, И.В. Фадеев, С.Н. Кулик, Ш.В. Садетдинов, Е.В. Митрохина // Вестник РГАТУ – 2020 – №2. – С. 90-96.

3. Митрохина, Е.В. Определение оптимальной продолжительности процесса мойки деталей в растворе синтетического моющего средства / И.А. Успенский, И.В. Фадеев, Е.В. Митрохина, С.Н. Кулик // Техника и оборудование для села. – 2020. – №8 (278). – С. 42-44.

***Публикация в изданиях из международной глобальной базы WEB OF
SCEINS***

4. Митрохина, Е.В. Влияние величины зазора на скорость щелевой коррозии автотракторной техники / Н.В. Бышов, И.А. Успенский, А.А. Цымбал, И.А. Юхин, И.В. Фадеев, Е.В. Митрохина, С.Н. Кулик // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 328-337.

Статьи в материалах конференций и других изданиях

5. Митрохина, Е.В. Повышение циклической прочности стали в коррозионной среде / И.В. Фадеев, Е.В. Митрохина, Ш.В. Садетдинов // Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений: сб. материалов Международной студенческой науч.-практич. конф. – Рязань: РГАТУ им. П.А. Костычева». – 2020. – С. 295-299.

*Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная
Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ № 1487 подписано в печать
17.08.2021 г.*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования*

*«Рязанский государственный агротехнологический университет имени
П. А. Костычева»*

390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1

*Отпечатано в издательстве учебной литературы
и учебно-методических пособий ФГБОУ ВО РГАТУ*

390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1