Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева»

На правах рукописи

СТЕПАНОВА ЕКАТЕРИНА ИВАНОВНА

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОЙКИ ДЕТАЛЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ МАШИН В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Специальность: 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

Научный руководитель
доктор технических наук, профессор
Шемякин Александр Владимирович

Рязань, 2024

АННОТАЦИЯ

Введение посвящено обоснованию актуальности темы диссертации, анализу степени ее разработанности, поставке цели и задач исследований, описанию методов и методик исследований, научной новизны, теоретической и практической значимостей, выносимых на защиту положений работы, обоснованию степени достоверности и апробации материалов диссертации.

В первой главе анализируется состояние вопроса мойки деталей агрегатов машин и проводится обзор способов, методов мойки, моечного оборудования и средств с целью выявления их преимуществ и недостатков. Определены факторы, способствующие загрязнению деталей, приведена классификация загрязнений.

Во второй главе раскрыты теоретические предпосылки повышения ресурса агрегатов машин при ремонте, проанализированы факторы, определяющие ресурс агрегатов, теоретически обосновано влияние совершенствования свойств моющего раствора на ресурс агрегатов.

В третьей главе описываются методики лабораторных и производственных испытаний по повышению свойств моющего раствора.

В четвертой главе приведены результаты исследований по определению влияния концентрации добавки на свойства моющего раствора и ее рациональной концентрации в растворе.

Пятая глава посвящена испытанию предлагаемого состава в условиях производства и расчету экономического эффекта от его внедрения в производство.

Сформулировано заключение.

Приведен список литературы, процитированный в диссертации.

Приложения содержат результаты исследований и документы, подтверждающие их внедрение в производство.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ОЧИСТКИ ДЕТАЛЕЙ АГРЕГАТОВ МАШИН И ЕГО АНАЛИЗ 11
1.1 Загрязнение поверхностей деталей агрегатов при работе машин. Классификация загрязнений…….....11
1.2 Способы предупреждения и удаления загрязнений с поверхностей деталей при ремонте агрегатов ……..16
1.3 Моющие средства и их растворы...……..27
1.4 Моющие машины и установки 29
1.5 Выводы по главе 1 38
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА АГРЕГАТОВ МАШИН ПРИ РЕМОНТЕ 40
2.1 Анализ факторов, влияющих на ресурс машин 40
2.2 Теоретическое обоснование влияния совершенствования свойств моющего раствора на межремонтный ресурс агрегатов машин 49
2.3 Механизм моющего действия многокомпонентного раствора на загрязнения деталей 63
2.4 Выводы по главе 2 72
ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ..... 74
3.1 Устройство и методика использования лабораторной моечной установки 74
3.2 Методика подготовки образцов к лабораторным экспериментам 75
3.3 Определение числа параллельных опытов……..……...78
3.4 Методика изучения пентабората аммония в качестве активизирующей добавки в раствор «Темп-100»…….……80
3.5 Методика исследования коррозии образцов электрохимическим методом …….…….……81

3.6 Методика исследования влияния добавки в моющий раствор на коррозионно-усталостную прочность образцов...……..……84
3.7 Выводы по главе 3……..…....86
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ……88
4.1 Улучшение моющих свойств раствора «Темп-100» ……..……88
4.2 Гравиметрические исследования ингибиторных свойств добавки в растворе «Темп-100»…….92
4.3 Электрохимические исследования ингибиторных свойств добавки в растворе «Темп-100»..... 96
4.4 Исследование влияния добавки на коррозионно-усталостную прочность стали в растворе «Темп-100»……..…….98
4.5 Изучение противокоррозионных свойств добавки в условиях производства …….…….100
4.6 Изучение зависимости степени очистки деталей от соотношения концентраций компонентов моющего раствора……..……101
4.7 Выводы по главе 4..... 103
ГЛАВА 5. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА 104
5.1 Порядок проверки разработанного состава в условиях производства……...…104
5.2 Обоснование выбора объекта для подконтрольной эксплуатации…….114
5.3 Анализ результатов исследования подконтрольных двигателей ..…….119
5.4 Расчет экономического эффекта от внедрения результатов исследования …….....121
5.5 Выводы по главе 5 126
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 127
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ……...128
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 129
ПРИЛОЖЕНИЯ..... 143

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. «Одной из важнейших операций при техническом обслуживании и ремонте машин и оборудования является очистка поверхностей агрегатов, узлов и деталей от различных загрязнений. Наибольший эффект при этом обеспечивают синтетические моющие средства (СМС) за счет содержащихся в них поверхностно-активных веществ (ПАВ)» [17]. «Процессы мойки и очистки загрязненных агрегатов, узлов и деталей» [94] способствуют улучшению санитарных условий и повышению экологичности технологических процессов ремонта.

Очистка является энерго- и ресурсоемким процессом, требующим огромное количество воды, моющих средств и электроэнергии. В настоящее время повышаются требования к экономии ресурсов, санитарно-гигиеническим условиям труда, охране окружающей среды, что напрямую можно отнести к процессу очистки деталей [17].

«СМС, которые выпускаются промышленностью и используются в настоящее время на различных предприятиях, занятых ремонтом автомобилей, не обладают достаточными моющими и ингибиторными 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 улучшает противокоррозионные свойства СМС.

Высокоэффективный технологический процесс мойки деталей способствует повышению качества ремонта, ресурса отремонтированных агрегатов автомобилей (на 20-30%), производительности труда ремонтных работ (до 8%), снижению трудовых и материальных затрат и отрицательного воздействия на здоровье людей, окружающую природу» [49].

На основании выше изложенного можно сформулировать вывод, что «совершенствование технологического процесса мойки деталей при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве» [49] является важной и **актуальной** задачей.

Степень разработанности темы исследования. В процессе работы машин наружные поверхности агрегатов и поверхности деталей внутри агрегатов и систем покрываются различными загрязнениями [16]. Загрязнения отрицательно влияют на рабочие характеристики узлов машин: способствуют снижению мощности двигателя, перерасходу топлива и масел, ухудшают работу радиаторов, фильтров, повышают абразивный износ трущихся частей, что приводит к нарушению посадки в сопряжениях. В результате снижается ресурс агрегатов и машин в целом [76].

Большое внимание вопросам повышения межремонтного ресурса агрегатов машин и совершенствования процесса мойки деталей при ремонте техники в своих исследованиях уделяли и уделяют российские ученые Н.В. Бышов, А.В. Шемякин, И.А. Успенский, П.А. Ребиндер, Ю.С. Козлов, Н.Ф. Тельнов, Г.П. Дегтерев, В.М. Приходько, В.И. Карагодин, И.Н. Кравченко, А.В. Дорохов, Ю.В. Катаев, В.П. Лялякин, Ш.В. Садетдинов, И.В. Фадеев, И.А. Юхин, а также зарубежные ученые L. Yang, K.S. Rojagoplan и многие другие.

В последние годы в ФГБОУ ВО РГАТУ активизировались комплексные исследования по совершенствованию процессов мойки и защиты от коррозии деталей при ремонте агрегатов машин. По этой тематике защищен ряд диссертаций, изданы научные труды и статьи.

Решение задачи «совершенствования процесса мойки деталей позволяет повысить экологичность процесса ремонта агрегатов автомобилей и самой мойки, производительность труда, качество дефектовки деталей и ремонта агрегатов, ресурс агрегатов, улучшить условия труда, способствует экономии трудовых и материальных затрат при ремонте агрегатов автомобилей» [49].

Цель исследования – увеличение межремонтного ресурса агрегатов автомобилей в процессе ремонта.

«Повышение ресурса узлов и агрегатов автомобилей в процессе ремонта во многом зависит от эффективности технологического процесса мойки, что в свою очередь определяется степенью очистки деталей, которая зависит от

режима, способа мойки, средств и оборудования для мойки. Их выбор определяется видом загрязнений, размерами, материалом деталей и другими факторами» [49].

Основываясь на выше изложенном, можно сформулировать следующие **задачи,** решение которых обеспечит достижение поставленной цели**:**

1. Определить резервы увеличения межремонтного ресурса агрегатов автомобилей в процессе их ремонта за счет совершенствования процесса мойки деталей.

2. Повысить степень очистки и коррозионную стойкость вымытых деталей за счет дополнительной активизации свойств моющего раствора введением специальной добавки.

3. Экспериментальным путем изучить зависимость моющих и противокоррозионных свойств раствора от концентрации активизирующей добавки, определить ее рациональную концентрацию.

4. Получить уравнение зависимости степени очистки деталей от соотношения концентраций компонентов моющего раствора.

5. Провести производственную проверку результатов лабораторных исследований и ее технико-экономическую оценку.

Объект исследования: процесс очистки поверхностей деталей воздействием струи моющего раствора.

Предмет исследования. Состав и свойства моющих растворов.

Научная новизна работы:

– определены резервы увеличения межремонтного ресурса агрегатов автомобилей в процессе их ремонта совершенствованием процесса мойки деталей;

– повышены показатели мойки СМС «Темп-100» за счет введения в его раствор активизирующей добавки;

– экспериментально доказана зависимость и получены уравнения зависимости моющих и противокоррозионных свойств раствора от концентрации активизирующей добавки;

– экспериментальным и расчетным путями определена рациональная концентрация активизирующей добавки в моющем растворе;

– получено уравнение, отражающее влияние соотношения концентраций компонентов раствора на степень очистки деталей.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Доказана эффективность пентабората аммония (ПБА) в качестве добавки для повышения оценочных свойств СМС; установлены закономерности изменения свойств СМС от концентрации активизирующей добавки в его растворе; обоснована рациональная концентрация добавки в моющем растворе; получено уравнение, позволяющее заблаговременно определить концентрации компонентов моющего раствора для достижения требуемой степени очистки деталей.

Практическая значимость: по результатам исследований получен патент РФ на изобретение №2777442 «Средство для мойки деталей транспортных средств». Результаты работы внедрены и используются в ремонтном производстве ООО «Рассвет» Рязанской области.

Методы исследований. Исследования проводились с использованием элементов математического моделирования, теории планирования экспериментов, корреляционного и регрессионного анализа, а также математической статистики.

Лабораторные и производственные исследования проводились с использованием собственных методик. Моющие свойства раствора и активизирующей добавки изучались на оригинальной лабораторной установке (собственного изготовления) и определялись гравиметрическим методом. Ингибиторные свойства моющего раствора и активизирующей добавки исследовали гравиметрическим, электрохимическим методом и коррозионно-усталостными испытаниями.

Положения, выносимые на защиту:

1. Повышение свойств СМС «Темп-100» введением в его раствор активизирующей добавки.

2. Уравнения, отражающие зависимость моющих и ингибиторных свойств раствора от концентрации активизирующей добавки.

3. Уравнение, отражающее влияние соотношения концентраций компонентов раствора на степень очистки деталей.

4. Результаты проверки результатов исследований в условиях производства.

Степень достоверности результатов исследования. Обеспечена современными методами моделирования и обработки результатов экспериментов, применением средств измерений, соответствующих метрологическим требованиям. Сходимость результатов теоретических и экспериментальных исследований составляет 98%.

Апробация результатов исследования. Материалы работы обсуждались и одобрены на различных научно-практических конференциях ***международных:*** «Инновации в сельскохозяйственном машиностроении, энергосберегающие технологии и повышение эффективности использования ресурсов» (г. Рязань, ФГБОУ ВО РГАТУ, 2022 г.), ***национальных с международным участием:*** «Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии» (г. Рязань, ФГБОУ ВО РГАТУ, 2021 г.), «Научно-инновационные аспекты аграрного производства: перспективы развития» (г. Рязань, ФГБОУ ВО РГАТУ, 2022 г.), ***национальных***: «Современное состояние и перспективы развития механизации сельского хозяйства и эксплуатации транспорта» (г. Рязань, ФГБОУ ВО РГАТУ, 2021 г.), «Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве» (г. Рязань, ФГБОУ ВО РГАТУ, 2022 г.), «Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации» (г. Рязань, ФГБОУ ВО РГАТУ, 2022 г.).

Личный вклад соискателя. Соискателем разработана методика дополнительной активизации свойств моющего раствора введением специальной добавки, поставлены эксперименты, обработаны и

проанализированы их результаты, организовано внедрение разработанного раствора.

Публикации. По теме диссертации соискатель опубликовал 15 работ: 8 статей в изданиях, рекомендованных ВАК, 1 монография, получен патент РФ на изобретение №2777442 «Средство для мойки деталей транспортных средств», с общим объемом 18,55 усл. п. л., в т. ч. на долю автора приходится 7,1 усл. п. л.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 128 наименований, включающий 4 наименования на иностранных языках, и приложения. Диссертация изложена на 155 страницах, содержит 30 таблиц и 41 рисунок.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ОЧИСТКИ ДЕТАЛЕЙ АГРЕГАТОВ МАШИН И ЕГО АНАЛИЗ

1.1 Загрязнение поверхностей деталей агрегатов при работе машин. Классификация загрязнений

В процессе работы машин наружные поверхности агрегатов и поверхности деталей внутри агрегатов и систем покрываются различными загрязнениями. Загрязнения отрицательно влияют на рабочие характеристики узлов машин: способствуют снижению мощности двигателя, перерасходу топлива и масел, ухудшают работу радиаторов, фильтров, повышают абразивный износ трущихся частей, что приводит к нарушению посадки в сопряжениях. В результате снижается ресурс агрегатов и машин в целом. Отсюда следует, что «очистка и мойка агрегатов машин и их деталей как при эксплуатации, так и при их ремонте являются важными и обязательными процессами. Очистка и мойка машин и их деталей – важные технологические процессы, так как влияют на культуру производства, производительность и качество ремонта машин. Чтобы представить объем работ и масштабы затрат на этот процесс, достаточно сказать, что во время эксплуатации и ремонта ежегодно подвергают очистке и мойке столько машин, сколько их выпускают за 6-7 лет.

Исследованиями установлено, что при плохой очистке поверхностей деталей современных машин ресурс их снижается на 20-30%. Полное удаление всех загрязнений в значительной степени улучшает качество дефектации, восстановление деталей, снижает появление брака и на 6-8% повышает производительность труда на разборочных и сборочных операциях» [111].

Загрязнение наружных поверхностей агрегатов обусловлено эксплуатационными условиями, окружающей средой, типом машины, особенностями почв местности и ее климата, а поверхностей деталей внутри агрегатов и систем – условиями эксплуатации, качеством горюче-смазочных

материалов и технических жидкостей, а также рабочими процессами, протекающими внутри двигателя [7].

Следовательно, «основными факторами, вызывающими загрязнение поверхностей узлов, агрегатов и деталей мобильной техники, являются:

– повышенная относительная влажность воздуха, способствующая появлению конденсата, который, взаимодействуя с механическими и химическими примесями атмосферы, загрязняет поверхность конструкции и активизирует процессы коррозии;

– использование воды, не соответствующей по качеству требованиям системы охлаждения. Несоблюдение указанного требования приводит к образованию накипи и шлама, загрязнению внутренних стенок элементов системы охлаждения и возникновению на них очагов коррозии;

– продукты окисления, разложения и неполного сгорания моторного масла и топлива (нагар, зольные отложения);

– продукты коррозии»[94].

Классификация загрязнений основывается на следующих признаках:

1. Химический состав:

– органические (минеральные масла, пленки клеев, лакокрасочных покрытий (ЛКП) и др.);

– неорганические (влага, пыль, продукты коррозии металлов, остатки перевозимых материалов и т.п.);

– смешанные (загрязнения, образующиеся из двух указанных выше групп).

2. Физическое состояние:

– твердые;

– жидкие;

– мазеобразные.

Машины, эксплуатирующиеся в сельскохозяйственном производстве, загрязняются следующими видами загрязнений:

– загрязнениями от смазочных материалов;

– загрязнениями нежирового происхождения (растительные остатки, пыль, грязь), смешения масла и грязи, остатки ядохимикатов;

– углеродистыми загрязнениями;

– технологическими загрязнениями;

– загрязнениями от остатков ЛКП;

– загрязнениями от продуктов коррозии.

Загрязнения от смазочных материалов образуются на поверхности деталей, работающих в механизмах со смазкой. Для очистки деталей от таких загрязнений применяют специальные препараты с соблюдением определенных условий очистки. В процессе работы машин под воздействием окружающей среды эта группа загрязнений окисляется и разлагается, повышая адгезионно-когезионные свойства.

Загрязнения нежирового происхождения, чаще всего, откладываются на наружных поверхностях агрегатов автотракторной техники. Такие загрязнения, как пыль, грязь, растительные остатки, удаляются под воздействием струи воды, а остатки ядохимикатов требуют и обеззараживания.

Углеродистые загрязнения образуются в результате термоокисления топлива и смазочных материалов на деталях внутри двигателя и разделяются на нагары, лаковые пленки, осадки и асфальтосмолистые вещества в зависимости от степени окисления. Наибольшую сложность при очистке деталей представляют именно углеродистые загрязнения.

«Нагар образуется под воздействием высоких температур и представляет собой смесь продуктов полного и частичного сгорания топлива и масла. Он оседает на стенках камер сгорания, днищах поршней, клапанах, искровых свечах зажигания, форсунках и выпускных коллекторах. Нагар нарушает тепловой режим работы двигателя, что приводит к снижению мощности, перерасходу топлива, более интенсивному износу сопрягаемых поверхностей [51].

Химический состав нагаров представляет собой смесь сложных высокомолекулярных соединений – асфальтенов, карбенов, карбоидов, сажи,

коксообразных веществ, смол и неорганических веществ – абразива, продуктов износа деталей двигателя и других веществ. Нагар карбюраторных двигателей, работающих на этилированном бензине, содержит значительное количество соединений свинца.

Сцепляемость нагаров с металлом выше прочности продуктов нагара. Этим объясняется трудность механического удаления нагаров с поверхности деталей» [112].

«Лаковые пленки образуются под действием высокой температуры на масляные слои небольшой толщины. Они, как и нагары, содержат масла, смолы, асфальтены и другие органические соединения, трудно растворимые в органических растворителях. Наиболее интенсивно лаки образуются на поверхностях шатунов, коленчатых валов, распределительных валов, внутренних поверхностях поршней, стенках блока цилиндров» [112].

«Осадки, образованные из продуктов окисления масла, топлива, сажи, пыли, воды, частиц износа и других, оседают в поддоне картера, масляных каналах, клапанной коробке, в масляном радиаторе, в масляном фильтре, на стенках маслоприемника. Они уменьшают степень охлаждения масла и ухудшают его очистку. Все это в конечном итоге приводит к увеличению износа деталей двигателя» [112].

«Асфальтосмолистые вещества (асфальтены, карбены и карбоиды) образуются под действием высоких температур и кислорода воздуха. Они представляют собой твердые частицы, которые входят в состав осадков, оказывают абразивное действие на детали и вызывают их повышенный износ» [112].

«Углеродистые отложения удаляют следующими способами: обработка в органических растворителях и щелочных составах, термическая обработка, очистка фруктовой косточкой и металлическим песком и др. Выбирая способ очистки, принимают во внимание не только степень загрязнения деталей углеродистыми отложениями, но и наличие загрязнений других видов» [16].

«Накипь откладывается на поверхностях циркуляции воды в системе охлаждения двигателей в результате выделения солей кальция и магния при

нагреве воды до температуры 70-80°С. Теплопроводность накипи в 30-50 раз ниже теплопроводности металла. Поэтому даже незначительный слой накипи ухудшает условия теплообмена и приводит к перегреву деталей двигателя. Удаляют накипь химическими и механическими способами» [112].

«Технологические загрязнения на деталях и сборочных единицах образуются при изготовлении, ремонте, сборке и обкатке (металлическая стружка, жировые и масляные смазки, остатки притирочных паст, шлифовальных кругов и др.). Их характер зависит от особенностей технологических процессов, уровня культуры производства и пр. Технологические загрязнения также необходимо своевременно и тщательно удалять, так как они могут явиться причиной повышенного износа трущихся поверхностей деталей.

Маслянистые загрязнения минерального происхождения классифицируют по следующим группам: загрязнения от маловязких масел (характерны для деталей двигателя); загрязнения от трансмиссионных масел; загрязнения солидолами и другими консистентными смазками; консервационные покрытия запасных частей» [111].

Остатки ЛКП («старая краска») затрудняют выполнение сварочных и других ремонтных работ, поэтому их также необходимо удалять при ремонте агрегатов машин с учетом их химического состава, наличия других загрязнений, а также материала, массы, габаритных размеров детали.

«Пентафталевые, глифталевые и другие синтетические эмали удаляют смывкой АФТ-1, нитроэмали – смывкой СД. Для активации в стандартные смывки СД и АФТ-1 добавляют фосфорную кислоту (15 мл на 1000 мл смывки). Такие растворители вызывают вспучивание старой краски через 1,5-2 мин. После удаления старой краски металлическими щетками с механическим или пневматическим приводом детали тщательно промывают уайт-спиритом или растворителем.

Чаще всего очистку деталей при ремонте машин от старой окраски сочетают с мойкой от маслянистых и неорганических загрязнений» [113].

Продукты коррозии образуются в результате коррозионного разрушения металлов. Их удаляют с помощью специальных составов, действие которых основано на химическом растворении и электрохимическом травлении продуктов коррозии, а также ручным (наждачной бумагой и щетками) или механическим (абразивными кругами) способами.

1.2 Способы предупреждения и удаления загрязнений с поверхностей деталей при ремонте агрегатов

Вопросам повышения качества очистки и коррозионной стойкости поверхностей деталей при ремонте агрегатов машин большое внимание уделяется во многих ВУЗах РФ: Московском государственном аграрном университете (профессора Н.Ф. Тельнов [79, 80], И.Н. Кравченко [38, 39, 40, 41, 42, 43]), Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ (А.Е. Северный [65, 66], Е.А. Пучин [55], А.В. Дунаев [30], Ю.В. Катаев [34], В.П. Лялякин [47] и другие), Рязанском государственном агротехнологическом университете им. П.А. Костычева (профессора Н.В. Бышов [9, 10, 11, 12, 13, 107], А.В. Шемякин [99, 100], И.А. Успенский [9, 10, 11, 12, 13, 103, 107], И.В. Фадеев [85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92], Московском автомобильно-дорожном государственном техническом университете (МАДИ) (член-корреспондент РАНРФ В.М. Приходько [53], профессор В.И. Карагодин [33]) и многих других. По этой тематике выполнен ряд диссертаций [14, 17, 31, 44, 48, 54, 78, 96, 101, 106 и другие], где в основном задача решается односторонне: или повышается эффективность мойки и очистки, или повышается коррозионная стойкость поверхностей деталей.

«Академик П.А. Ребиндер утверждает [57], что применяемые в настоящее время технологии очистки и мойки далеки от рациональных, что объясняется в первую очередь тем, что моющие составы и средства, а также технология очистки металлических и других поверхностей разрабатываются в отрыве от современных физико-химических наук и часто, игнорируя теоретические

исследования, пользуясь методом практических сравнений с существующими положениями»[94].

В последние годы в Рязанском государственном агротехнологическом университете им. П.А. Костычева активизировались комплексные исследования по совершенствованию процессов мойки и защиты от коррозии деталей при ремонте агрегатов машин. По этой тематике защищен ряд диссертаций [16, 49, 94], изданы научные труды и статьи.

В своей работе мы попытались объединить эти два направления: провести необходимые исследования и комплексно решить задачу повышения оценочных свойств моющего раствора.

«Для повышения степени очистки деталей от загрязнений можно принимать следующие меры:

– предупреждение или снижение образования загрязнений;
– разработка и применение эффективных способов очистки деталей.

Предупредить образование загрязнений можно следующими способами:

– введением присадок в топливо и смазочные материалы;
– нанесением антиадгезионных и противокоррозионных покрытий;
– повышением уровня технической эксплуатации машин.

Введение присадок уменьшает коррозионную активность нефтепродуктов, а также снижает образование углеродистых отложений.

Нанесение соответствующих покрытий исключает или значительно уменьшает сцепление с очищаемой поверхностью, а также надежно защищает поверхность от коррозии» [114].

«Все мероприятия, направленные на предупреждение загрязнений, не исключают полностью их образования. В машинах, поступающих в ремонт, практически встречаются загрязнения всех видов. Поэтому решающее значение приобретает второй путь – применение эффективных средств очистки машин в процессе ремонта» [114].

Наиболее применяемыми при ремонте автотракторной техники являются «следующие способы очистки: химический, физико-химический,

электрохимический, ультразвуковой, термический и механический» [113].

«Очистке химическими способами при капитальном ремонте агрегатов машин подвергается наибольшее количество деталей, и она находит все более широкое распространение. Это объясняется, прежде всего, возможностью механизации и автоматизации производства, высокой производительностью процессов и качеством очистки» [115].

«Допускаемая остаточная загрязненность очищаемых деталей, поступающих на дефектацию и сборку, в зависимости от шероховатости их поверхностей должна быть:

– при Ra до 10 мкм - 1,25 мг/см^2;
– при Ra от 2,6 до 0,64 мкм - 0,8 мг/см^2;
– при Ra от 0,62 до 0,15 мкм - 0,24 мг/см^2» [50].

«Химическими способами в настоящее время можно удалять практически все виды загрязнений. Но чаще всего они применяются для очистки поверхности изделий от маслянистых загрязнений, углеродистых отложений, накипи и старой краски. В ремонтном производстве химические способы все шире используются и при снятии продуктов коррозии» [115].

«Все способы химической очистки в зависимости от вида удаляемых загрязнений разделяют на две группы: обезжиривание и травление.

Обезжириванием называют процессы удаления с поверхности деталей загрязнений, химически не связанных с материалом изделий (маслянистые загрязнения, дорожная пыль и грязь, остатки шлифовальных паст, абразива и др.).

Травление в отличие от обезжиривания применяют для удаления загрязнений, прочно связанных с материалом изделия и образованных полностью или частично за счет химического превращения его поверхностных слоев (окалина, продукты коррозии, накипь и др.)[115].

«Для химической обработки поверхностей деталей используются следующие реагенты: щелочи, щелочные соли и вещества со свойствами оснований; органические и неорганические кислоты; органические растворители; мыла, синтетические поверхностно-активные вещества и

составы; вещества-стабилизаторы: антивспениватели, ингибиторы коррозии, дезодаторы.

Щелочные растворы обладают значительной эффективностью очистки деталей от маслянистых загрязнений, старой краски и углеродистых отложений. Отличаются простотой рецептуры, стабильностью в работе, обеспечивают хорошее качество очистки. Применимы как для очистки в ваннах окунанием, так и для обезжиривания в конвейерных и камерных струйных моечных установках. Недостатки щелочных растворов – необходимость подогрева до 80-90°С, что вызывает испарение растворов, трудность удаления остатков щелочи с поверхности деталей, опасность поражения коррозией, токсичность и недостаточное моющее действие» [115].

Ржавчины и накипи удаляются с использованием неорганических кислот.

«Из группы органических растворителей в производстве находят применение хлорированные, ароматические и предельные углеводороды.

Хлорированные углеводороды (трихлорэтилен, хлористый метилен, четыреххлористый углерод ССЦ, дихлорэтан) – наиболее эффективные растворители минеральных масел и углеродистых отложений. Они не пожароопасны, но очень токсичны и легко окисляются под действием света и высокой температуры. Ароматические углеводороды (бензол, ксилол – хорошие растворители минеральных масел и асфальтено-смолистых отложений. Но они пожаро- и взрывоопасны, а также очень токсичны» [115].

В ремонтном производстве в качестве менее токсичных растворителей чаще применяются предельные углеводороды, но их основной недостаток – пожароопасность, а хлорированные углеводороды, хотя и являются наилучшими растворителями, применяются только в специальных установках, где обеспечивается безопасность работы.

«Очищающую способность растворителей можно повысить введением в их состав поверхностно-активных веществ (ПАВ)» [115].

«Физико-химический способ (струйный и в ваннах) получил наибольшее применение в ремонтном производстве сельскохозяйственных предприятий и

заключается в том, что загрязнения с поверхностей деталей удаляют водными растворами различных препаратов или специальными растворителями при определенных условиях (режимах). Основные условия высококачественной физико-химической очистки водными растворами: высокая температура моющего химического раствора (75-95°С), вибрирующий поток или струя при значительном давлении и эффективные моющие средства» [116].

«Физико-химические способы удаления загрязнений с поверхности деталей дают более высокую степень очистки, ускоряют процесс и снижают стоимость очистки, уменьшают пожароопасность за счет применения негорючих моющих составов, улучшают условия труда.

Применяют следующие физико-химические способы очистки деталей:

– ультразвуковая (УЗ) очистка;
– электролитическая очистка;
– термическая очистка» [116].

«Метод мойки УЗ основан на передаче энергии от излучателя ультразвука через жидкую среду к очищаемой поверхности, что вызывает явление кавитации [96]. Мощные излучатели УЗ воздействуя на жидкость, создают области переменного давления, плотность которых меняется с заданной генератором УЗ ванны частотой. В узлах кавитации постоянно образуются и разрываются пузырьки пара, образуя эффект микровзрыва, который в свою очередь воздействует на загрязнения, усиливая эффективность моющих средств в десятки и сотни раз. Чем ниже частота, тем больше размер кавитационных пузырьков и тем они мощнее» [94].

Ультразвуковая очистка в основном применяется для удаления загрязнений с мелких деталей, которые имеют сложную конфигурацию.

«Мойка поверхности с помощью УЗ является высокоэффективным и производительным способам мойки [104]. УЗ ванны эффективно отмывают внутренние поверхности, глухие отверстия или резьбовые соединения, а также эффективно отмывают нагары, ржавчину, некоторые клеи, притирочные смазки (в том числе и на графитовой основе), пасту ГОИ и прочее»[94].

«УЗ мойка применяется для: обезжиривания поверхности, удаления масляных загрязнений различной природы; удаления продуктов горения веществ; очистки фильтров от пыли, грязи и прочих механических частиц; отмывки клея и прочих липких материалов; отмывки от окислов и ржавчины.

Мойка в УЗ ваннах производится погружением деталей в моющий раствор на основе ПАВов. В отличие от камер струйной очистки, УЗ ванна позволяет применять водорастворимые моющие средства с различным pH, от кислотных до сильнощелочных. Это позволяет использовать УЗ оборудование для удаления нагара, очистки окислов, обезжиривания поверхности металла и других материалов [70].

УЗ оборудование часто используется для усиления эффекта обезжиривания поверхности металла [53] и в других моечных машинах. Например, в мойках на растворителях, а также струйных погружных моечных машинах. Оно может быть вмонтировано в уже существующие линии обезжиривания деталей, а также для организации предварительного обезжиривания металла в линиях гальваники. УЗ отмывка позволяет провести дополнительную очистку деталей и дольше сохранить среду ванны электрохимического обезжиривания чистой» [94].

«Преимущества УЗ мойки: справляется с самым широким диапазоном загрязнений; высокая производительность; отлично справляется с мойкой деталей самой сложной конфигурации; низкий уровень операционного шума; возможность встроить в производственную линию; малые габаритные размеры УЗ ванны; возможность оснащения УЗ оборудованием готовую моечную ванну; низкая стоимость мойки деталей небольшого размера любой формы» [94].

Недостатки УЗ мойки: длительное использование УЗ-мойки может повредить детали, особенно если они выполнены из хрупких материалов или имеют декоративные покрытия, требует специального оборудования и химических растворов для работы, что может привести к дополнительным расходам.

«Электрохимический способ используют в токопроводящем электролите

на постоянном или переменном токе. Чаще применяют ток с плотностью 3-10 А/дм^2. С увеличением плотности тока процесс обезжиривания поверхности возрастает. Электрохимическую очистку широко применяют при подготовке деталей к гальваническим, полимерным и лакокрасочным покрытиям.

При электрохимической очистке детали погружают в электролит и включают в цепь постоянного тока. Удаление загрязнений с поверхности деталей происходит вследствие воздействия на изделие нескольких факторов, зависящих как от свойств растворов, применяющихся в качестве электролита, так и от действия электрического тока. Моющее действие раствора усиливается механическим воздействием выделяющихся на электроде пузырьков газов» [116].

«Электрохимическая очистка может проводиться при катодном и анодном включении деталей. При катодном включении деталей на их поверхности выделяется водород, который энергично перемешивает электролит у поверхности изделия и способствует механическому отделению жиров и других загрязнений, при анодном – кислород, который способствует отделению загрязнений. Анодное обезжиривание аналогично описанному, но процесс идет значительно медленнее, так как на аноде выделяется меньшее количество газа (кислорода)» [116].

Электрохимическую очистку чаще всего применяют с целью обезжиривания и травления деталей с использованием растворов фосфорной и серной кислот, а также для удаления с поверхности деталей окалины, окислов и продуктов коррозии.

«Большое влияние на процесс обезжиривания оказывает температура раствора. При температуре раствора выше 80°С улучшаются моющие свойства раствора, размягчаются загрязнения, уменьшаются силы адгезии между поверхностью изделий и загрязнениями. Кроме того, увеличивается проводимость растворов, а это вызывает увеличение плотности тока, интенсифицирует процесс и сокращает время обезжиривания» [116].

При выборе режима травления и состава раствора ориентируются степенью и видом загрязнения, конфигурацией детали.

Для удаления наиболее трудноудаляемых углеродистых загрязнений (асфальтенов, нагара), смолистых отложений и загрязнений ЛКП широко применяется термическая очистка.

«Деталь помещают в термическую печь, нагревают до температуры 600-700°С, выдерживают 2-3 ч и затем медленно охлаждают вместе с печью. В деталях, не подверженных короблению, нагар можно удалять выжиганием газовым пламенем» [116].

«Механический способ очистки часто проводится в сочетании с химическими или физико-химическими способами. Этот способ заключается в очистке поверхности детали вручную скребками, щетками и т. п. или механизировано-косточковой крошкой, абразивными и другими материалами, подаваемыми вместе с воздухом, водой или моющим раствором, очистка во вращающихся (галтовочных) барабанах, виброабразивная очистка» [114].

Очистка с использованием струи воды – наиболее используемый способ удаления загрязнений. «Применяют его для наружной очистки поверхностей машин от пыли, грязи и маслянисто-грязевых загрязнений. Тракторы и автомобили моют при помощи установок, развивающих напор 1,8 МПа. Водоструйные установки чаще всего оснащаются многоступенчатыми вихревыми насосами.

Для повышения эффективности струйной очистки в струю воды вводят пар или абразив. Пароводоструйная очистка используется для очистки наружной поверхности автомобилей, тракторов и сельхозмашин. Особенно хорошие результаты она дает в зимнее время. Гидроабразивный способ очистки применяется для деталей, загрязненных коррозией, окалиной, нагаром. В качестве абразива используют кварцевый песок, окись алюминия, карбид бора и кремния с размерами частиц 0,8-1,0 мм» [114].

Если после очистки различными способами на поверхности деталей продолжают оставаться загрязнения, то их удаляют ручным способом. Ручной

способ также может применяться для очистки точных, крупногабаритных и сложных по форме деталей.

«Для удаления с поверхности деталей пленок ЛКП, продуктов коррозии, нагара используют механизированный инструмент. Например, при подготовке автобусных кузовов и комбайнов к окраске применяют такие механизированные инструменты, как высокооборотные пневматические или электрические шлифовальные машинки с проволочными щетками, гибкими абразивными кругами или со специальными оправками с наждачной бумагой. Применяются специальные установки для очистки от нагара поршней, клапанов, головок блока; от накипи – наружных поверхностей гильз цилиндров щетками (крацевание).

Перспективны электроискровая щеточная очистка поверхностей деталей от продуктов коррозии, использование электрогидравлического эффекта для очистки деталей от неорганических загрязнений – пыли, дорожной грязи, остатков строительных материалов и т. д.»[114].

Организация и технология моечно-очистных работ зависит от типа предприятия, его производственной программы, вида загрязнений, подлежащих удалению, объекта мойки [35].

«Выбор способа очистки зависит от многих факторов, в том числе от характера загрязнений, мест их отложения, размеров и конфигурации деталей» [111], требований, предъявляемых к качеству очистки, состава и концентрации применяемых при мойке компонентов, воздействия моющего раствора на обрабатываемую поверхность, степени безопасности при работе, экономических соображений и других, но «главным фактором, определяющим выбор способа очистки, является вид загрязнений» [111].

Следовательно, во всех случаях необходимо растворы, пасты, препараты, механизированные моечные установки испытывать на отдельных деталях, выбирать оптимальные условия получения высокого качества очистки, а затем решать вопрос о внедрении способа очистки, конструкции моечного оборудования.

Технологические режимы очистки выбирают в зависимости от вида загрязнений и их адгезии к поверхности деталей, параметров применяемого моечного оборудования, способа мойки, материала отмываемых деталей и других факторов [6].

На основании вышесказанного можно привести следующую классификацию способов очистки деталей при ремонте агрегатов автотракторной техники (рисунок 1.1) [117].

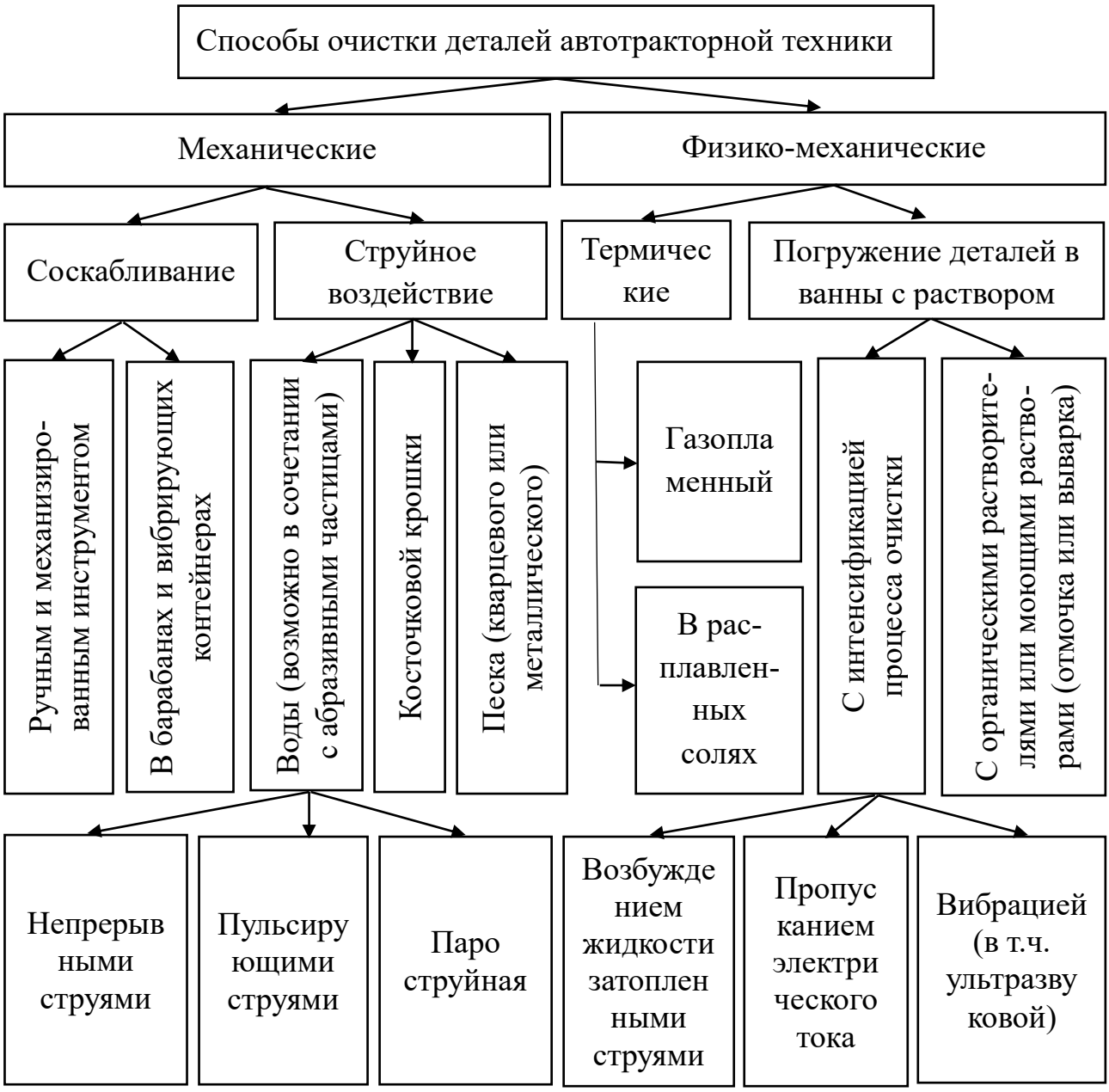


Рисунок 1.1 – Классификация способов очистки деталей

1.3 Моющие средства и их растворы

Для удаления с поверхности машин таких загрязнений как остатки растительности, пыль, грязь достаточно воздействие струей теплой воды (40-70°С) в течение определенной продолжительности времени.

Загрязнения, состоящие из топливо-смазочных материалов, удаляют применением 1-2%-го раствора каустической соды. Растворы с такой концентрацией имеют низкую эффективность. Для повышения эффективности раствора требуется увеличить концентрацию каустической соды, что способствует повышению коррозионной агрессивности раствора по отношению к очищаемым деталям, особенно из алюминия и его сплавов, и вредного воздействия на здоровье работников и окружающую среду. В связи с этим использование каустической соды в последнее время строго ограничивается.

«Синтетические моющие средства (СМС) типа МС представляют собой смеси щелочных солей: кальцинированной соды, метасиликата натрия $Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$ и триполифосфата натрия $Na_5P_3O_{10}$ и поверхностно-активных веществ (ПАВ)[9]. Они предназначены для очистки машин, сборочных единиц и деталей от масляных и углеродистых отложений и выпускаются промышленностью в виде белого и светло-желтого порошка или гранул. Эти моющие средства нетоксичны, негорючи, взрывобезопасны, хорошо растворяются в воде; в них можно очищать детали из черных и цветных металлов в одном потоке. Препараты МС универсальны, их моющее действие в 2-3 раза выше действия растворов на основе каустической соды. Очищенные изделия после мойки не корродируют, не требуют ополаскивания водой. Вещество МС применяется в качестве водных растворов с концентрацией 15-30 г/л при температуре 70-80°С на всех операциях мойки и очистки машин, агрегатов и деталей от масляных и смолистых загрязнений, а также очистки агрегатов и деталей методом погружения» [115].

«Недостатки этих моющих средств – невысокая скорость очистки, низкие моющие и ингибиторные свойства, низкая степень очистки при удалении асфальто-смолистых отложений, большая энергоемкость мойки при их

использовании, повышенное пенообразование при концентрации выше 35 г/л и при снижении температуры ниже 70°С» [49, 118] и другие.

«ПАВ – это органические соединения, обеспечивающие разрушения жировых пленок, предупреждающие повторное осаждение загрязнений, создающие устойчивые эмульсии при соприкосновении с водной составляющей моющего раствора. Эти вещества ускоряют процесс очистки»[37].

«Синтетические ПАВ в настоящее время почти полностью вытеснили щелочи и как активизаторы используются для многих растворов. По применению ПАВ классифицируются на эмульгаторы, диспергаторы, пенообразователи, смачиватели. По химическому строению ПАВ делятся на неионогенные и ионогенные (анионактивные и катионактивные). Последние в водных растворах распадаются на ионы, образуя активные анионы или катионы.

Наибольшее распространение находят неионогенные ПАВ (ОП-7, ОП-10) и катионактивные вещества (контакт Петрова, ДС-РАС и др.).

Применение СМС более экономично, чем использование щелочных растворов: они обеспечивают многократное использование моющего раствора по замкнутому циклу, не вызывают коррозии металлов и позволяют очищать детали из цветных металлов и их сплавов» [115].

«Препараты МС-6, МС-16 и МС-18 применяют преимущественно для удаления масляно-грязевых, смолистых и асфальтосмолистых отложений в машинах со струйной и циркуляционной очисткой деталей и агрегатов. Концентрация растворов 15-25 г/л при температуре раствора 75-85°С.

Препараты МС-8 и МС-15 применяют при струйной и погружной очистке деталей от прочных углеродистых отложений. Концентрация растворов при погружной очистке 20-25 г/л при температуре 80-100°С[123].

Назначение моющих средств марки «Лабомид» аналогично назначению средств марки МС.

«Технические препараты «Темп-100» и «Темп-100А» представляют собой смеси щелочных солей, ПАВ и пассиваторов. Их применяют для струйной очистки деталей, сборочных единиц от масляно-грязевых отложений и защиты

отмытой поверхности от коррозии (пассивации). Концентрация растворов 10-20 г/л при температуре 60-75°С» [123].

«Моющие препараты «Комплекс» и ДИАС предназначены для струйной и пароструйной очистки опрыскивающей аппаратуры от ядохимикатов и других вредных загрязнений. Концентрация раствора 10-15 г/л при температуре 80-95°С.

Органические препараты АМ-15 и «Ритм» предназначены для очистки деталей двигателей от прочных смолистых отложений в ваннах. Он представляет собой раствор ПАВ в органических растворителях. Препарат токсичен, пожаро- и взрывоопасен. Поэтому при его использовании необходимо рабочие места оборудовать местными отсосами и соблюдать определенные меры пожарной безопасности. Температура раствора не должна превышать 40°С» [123].

«Большое влияние на очистку поверхностей оказывает щелочность раствора. Щелочь нейтрализует имеющиеся в составе загрязнений кислоты. Щелочные вещества способствуют увеличению смачивающей способности моющих растворов.

Щелочность раствора характеризуется величиной водородного показателя pH. Моющая способность щелочных растворов проявляется при показателе pH, превышающем 8,3. Для очистки стали и чугуна рекомендуется поддерживать щелочность раствора около pH 14, алюминия и цинка – не более 10, латуни – 12. Большая концентрация щелочных растворов ухудшает моющие свойства растворов, вызывает коррозию металлов» [115].

«Моющая способность растворов с повышением температуры увеличивается. Это связано с тем, что в горячих растворах значительно уменьшается вязкость маслянистых загрязнений, размягчаются углеродистые отложения и твердые неорганические вещества, особенно пропитанные маслом. Горячий раствор легче проникает в поры загрязнений, что способствует отрыву последних с поверхности деталей. При нагреве увеличивается циркуляция раствора, которая также способствует удалению загрязнений за счет усиления

механического воздействия на загрязнения. Рекомендуется поддерживать температуру раствора в пределах 80-85°С. При более высокой температуре моющий раствор интенсивно испаряется.

Гораздо эффективнее процесс удаления загрязнений происходит в тех установках, в которых механическое воздействие растворов на детали больше.

На процесс удаления загрязнений влияет и жесткость воды. Повышенная жесткость воды ухудшает моющие способности растворов. Для ее снижения в обезжиривающие растворы вводят синтетические ПАВ и смягчители» [115].

1.4 Моющие машины и установки

«Технические условия на изготовление моечных машин определены в ГОСТе [22], в котором предусмотрено создание мониторных, струйных, погружных и комбинированных машин» [115].

Мониторные машины в основном используются для гидродинамической мойки деталей, при которой на обмываемую деталь воздействует струя воды температурой 20-80°С и давлением 5-10 МПа.

Струйные машины используются для мойки деталей растворами СМС, ополаскивания и пассивирования после обработки деталей погружением, иногда после завершения их механической обработки. Выпускаются в трех вариантах: камерные проходные, камерные тупиковые, а также камерные проходные секционные.

Струйные моечные машины на российском рынке оборудования предлагают следующие производители: Magido, SME, CEEVER, Cemastir Lavametalli (Италия), Georg Render (Германия), Szakal FEM (Венгрия), Guyson (Англия) и др. По своему устройству они примерно одинаковы.

«Принцип работы моечных машин струйного типа– орошение струями нагретого до 60-95°С моющего раствора деталей агрегатов, вращающихся на корзине. В основу работы метода очистки положено комплексное взаимодействие способов – механического (гидродинамическая сила струй) и

физико-химического (моющие средства). Отсюда и общая для машин такого типа конструктивная схема: моечная камера, насос (насосы), блок управления (и электрический шкаф). В моечной камере помимо бака с моющим раствором располагается корзина для деталей обшей массой от 0,6 до 1,5 т, гидранты с форсунками, через которые впрыскивается моющий раствор под давлением 0,4-0,5 МПа, электронагревательные элементы для нагрева моющего раствора» [16].

«Машины струйного типа надежны в работе, их конструкция достаточно проста. Установки проходного типа легко вписываются в технологические процессы, так как позволяют связывать рабочие посты подвесными конвейерами. Использование этих машин обеспечивает качественную очистку поверхности от почвенных и маслянистых загрязнений.

Однако наряду с достоинствами струйные машины обладают существенными недостатками: невысокое качество очистки деталей (особенно сложной формы) от смолистых отложений, значительные потери тепла вследствие разбрызгивания струй, большое количество забиваемых сопл. При температуре 60°С моющая способность средств на основе ПАВ снижается в 1,2-2 раза» [115].

При погружном способе очистки деталь погружается и выдерживается в моющем растворе, содержащем СМС.

«Преимуществами способов погружения по сравнению со способами струйной очистки являются: лучшая очистка деталей со сложной конфигурацией поверхностей, использование различных очищающих сред, включая растворяюще-эмульгирующих средств (РЭС) и СМС, возможность нагрева раствора до 90-95°С, уменьшение пенообразования, энергоемкости, потерь тепла, малая активация очищающей среды, многообразие способов интенсификации процессов очистки, отсутствие дробления отмытых загрязнений, что обеспечивает увеличение срока службы раствора и улучшение условий их удаления из ванны, упрощение конструкции и повышение надежности работы установок, так как в них нет насосов и гидрантов и другие.

Погружные машины являются основным оборудованием для очистки деталей от асфальтово-смолистых отложений, продуктов коррозии, накипи и остатков старых ЛКП. Они изготавливаются в двух исполнениях: тупиковые и проходные» [115].

Наибольший эффект погружной очистки достигается при активации моющего раствора различными способами: перемещением или вибрацией детали, перемешиванием раствора, использованием УЗ и другими.

«С появлением эффективных РЭС разработаны машины погружного типа с колеблющейся (в вертикальной плоскости) платформой: ОМ-5287 для очистки деталей, в том числе блоков, ОМ-5288 – для ополаскивания. Машины выпускаются серийно. Простые по конструкции, они нашли широкое применение для очистки агрегатов, узлов и деталей от асфальто-смолистых отложений: в машине ОМ-5287 – в растворителях типа АМ-15, ДВП-1, МК-3 (температура которых при применении должна быть не более 50°С), а в машине ОМ-5288 – в моющих растворах типа Лабомид-101, МС-8 (при температуре 75-85°С). Моющие средства эффективны только в установках, работающих по принципу погружения очищаемых деталей в раствор» [115].

В машине АКТБ-202 (рисунок 1.2) и роторной моечной установке 13Р1 (рисунок 1.3) очищение деталей происходит погружением в растворы СМС.

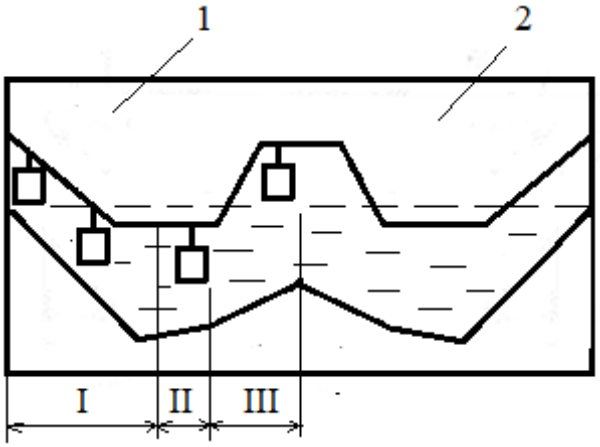


Рисунок 1.2 – Схема работы машины АКТБ-202

АКТБ-202 служит для удаления с поверхности деталей твердых и маслянистых отложений и асфальтосмолистых загрязнений, состоит из двух

камер (1 – мойки и 2 – ополаскивания), через которые подвесным цепным конвейером передвигают сборочные единицы. Камера мойки заполнена раствором с СМС, а камера ополаскивания – водой. Камера разделена на зоны: I – нагрева очищаемого изделия; II – создания колебаний; III – обмыва.

В роторной установке 13Р1«загрязненные изделия помещают в контейнеры, которым придается планетарное движение и вибрационное воздействие с частотой 46-47 Гц (вызывает кавитационное воздействие раствора на загрязнения). При этом они переходят через слой раствора с СМС, подогретого до температуры 90-100°С. Сочетание теплового и химического воздействий раствора при движении изделия дает хорошее качество очистки. Применяются растворы Лабомид-203 и МС-8 концентрацией 30-35 г/л. Привод вибрации от вибратора НВ-63. Габаритные размеры установки 4540×4120×4000 мм. Машина оборудована устройствами для непрерывной очистки раствора от твердых и маслянистых загрязнений» [115].

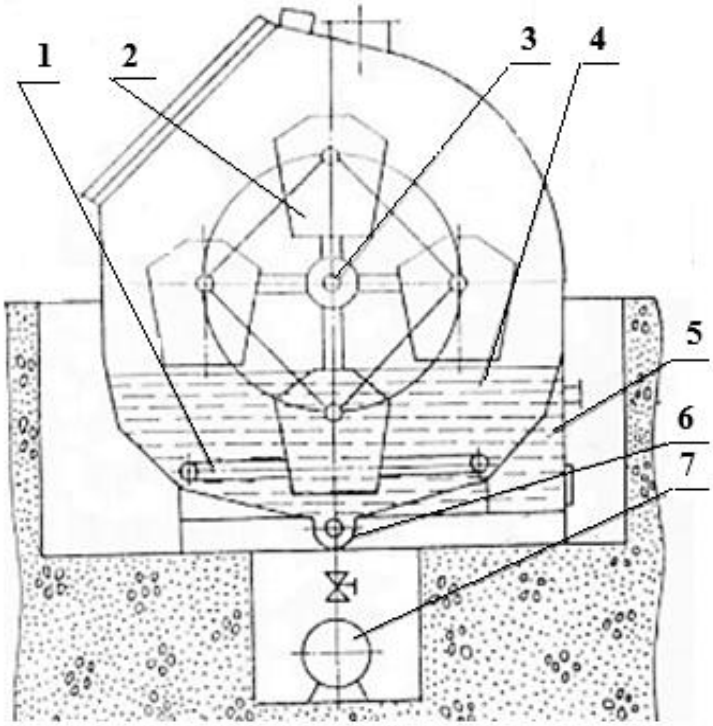


Рисунок 1.3 – Моечная машина роторного типа 13Р1: 1 – теплообменник; 2 – контейнер; 3 – вал с крестовинами (ротор); 4 – ванна; 5 – маслосборник; 6 – винтовой конвейер; 7 – грязесборник

«При виброабразивной очистке удаление загрязнений с поверхности деталей происходит вследствие воздействия на них абразивных материалов и взаимодействия очищаемых изделий. Производительность установок (например, ОМ-9312) выше, чем галтовочных барабанов, так как очистка деталей происходит по всему объему» [114] (рисунок 1.4).

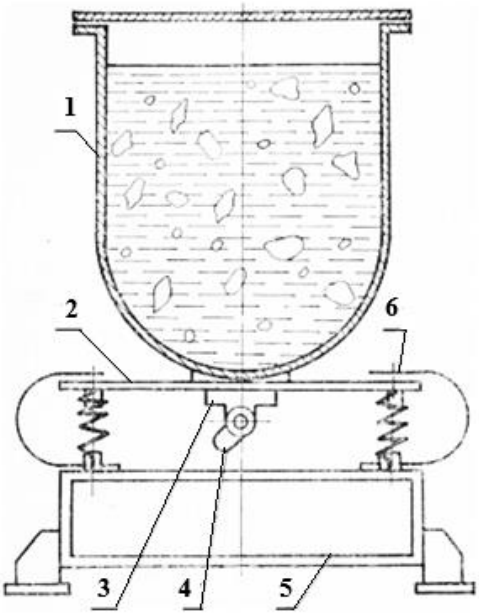


Рисунок 1.4 – Схема установки ОМ-9312 для виброабразивной очистки: 1 – контейнер с моющим раствором; 2 – виброплатформа; 3 – корпус подшипников вибратора; 4 – вал с дисбалансом; 5 – основание; 6 – ленточные пружины

«Рекомендуется виброабразивную очистку производить для деталей сложной формы и малых размеров (рычаги, кулаки, клапаны, пружины и др.). В качестве абразивной среды можно применять фарфоровую крошку, металлическую дробь, битый мрамор или абразив и др. Выбор абразива зависит от конструкции, материала и назначения очищаемых деталей, вида и степени их загрязнений. Известны многие конструкции виброабразивных установок. Несмотря на некоторые различия, принцип их работы одинаков. Детали загружают в контейнер с моющим раствором и абразивным материалом. Контейнер закреплен на подпружиненной виброплатформе, снизу которой крепятся корпусы подшипников вибратора. Вибратор представляет собой вал с

дисбалансом, имеющий привод через ременную передачу от электродвигателя. Контейнер с виброплатформой установлен на мощном основании. Для гашения поперечных колебаний контейнера с виброплатформой предусмотрены ленточные пружины» [114].

«Комбинированные моечные машины представляют собой сочетание погружных и струйных моечных машин в одном агрегате (ОМ-5333, ОМ-7421, ОМ-9318). В комбинированных моечных машинах удачно сочетаются достоинства погружных (малая энергоемкость, большая производительность, простота конструкции) и струйных машин (большая скорость очистки).

С целью интенсификации процесса очистки созданы машины с вертикальным возвратно-поступательным перемещением объекта очистки (ОМ-5287), колебательным перемещением вокруг горизонтальной оси и роторным перемещением очищаемых объектов (15РЗ) и с активацией моющего раствора (ММЧ-1 и др.)»[115].

В последние годы хорошо зарекомендовали себя и пользуются спросом отечественные автоматические мойки деталей и агрегатов марки АМ-500, АМ-600, АМ-700, АМ-800, АМ-900, АМ-1000, АМ-1150, АМ-1400, АМ-1500 производства ГК «ГАРО» (рисунок 1.5).

Рисунок 1.5 – Общий вид отечественных автоматических моечных установок серии АМ (Россия)

Они представляют собой моечную камеру с замкнутым контуром и с откидной крышкой. Параметры цикла мойки задаются на панели управления. Размещение деталей во вращающейся корзине позволяет менять положение деталей перед струями раствора.

«П-образная форма рамп позволяет промывать изделия струями моечного раствора с трех сторон: сверху, снизу и сбоку в течение заданного времени, что обеспечивает максимальную эффективность очистки в доступных областях поверхности деталей. Автоматические промывочные установки серии АМ предназначены для использования со слабощелочными растворами. Линейка комплектуется электромеханическим приводом корзины с частотой вращения 5-10 об/мин., обеспечивающим высокое качество очистки, за счет равномерной подачи моющего раствора по всей поверхности деталей» [124].

Мойки для узлов и агрегатов из линеек DOLFIN PYM и REIN MD известного турецкого бренда промышленного моечного оборудования DOLFIN представляют собой установки замкнутого типа, где происходит эффективный процесс очистки деталей от технических загрязнений различной сложности (рисунок 1.6).

Рисунок 1.6 – Установка для мойки деталей DOLFIN PYM950 (Турция)

Корпус установки изготовлен из нержавеющей стали, корзина имеет дополнительные ребра жесткости и поддерживающие ролики, за счет чего

нагрузка не перекашивает ее со временем. Двойная система фильтрации, увеличенная площадь ТЭНов из нержавеющей стали, высокопроизводительный насос.

Внутри установки располагается рабочая корзина, на которой размещаются детали для очистки. Количество и размер загружаемых деталей ограничивается высотой моечной камеры, диаметром и максимальной загрузкой корзины.

Мойка деталей осуществляется в герметичном пространстве, в котором карусельно крутится корзина с деталями. Рамка с форсунками зафиксирована и распыляет нагретый моющий раствор на детали одновременно с трех сторон – сверху, снизу и сбоку. В результате вращения корзины все поверхности деталей равномерно попадают под очистку.

Установки из линеек DOLFIN PYM и REIN MD оснащены технологией фильтрации. Раствор может использоваться в замкнутой системе продолжительное время.

Установки являются автоматизированными комплексами и от оператора требуется лишь задать время и температуру. В процессе работы они будут контролироваться автоматически.

Установка для мойки деталей Magido L331V/08 (Италия) с подогревом воды с вертикальной помпой (рисунок 1.7).

Рисунок 1.7 – Установка для мойки деталей Magido L331V/08 (Италия)

Оптимальную чистоту обеспечивает впрыскивание чистящего средства при температуре 60-70°С. Совокупность форсунок помогает полностью покрыть комплектующие и запчасти раствором, а жирный слой и прочие загрязнения устраняются благодаря единовременному воздействию высокой тепла, давления и химического средства. После мойки все детали моментально высыхают, поскольку нагреваются в процессе очистки.

Моющая установка имеет следующие преимущества:

– очистка деталей без использования растворителей;

– отсутствие слива химикатов в окружающую среду благодаря закрытом циклу мойки;

– раствор для мойки можно применять много раз до тех пор, пока его действие не станет малоэффективным.

Установка для мойки деталей Nordberg NW150(Китай) с подогревом, закрытая (рисунок 1.8).

Рисунок 1.8 – Установка для мойки деталей Nordberg NW150

Очищает детали автомобилей физико-химическим путем при помощи циркулирующего моющего раствора на водной и щелочной основе. Мойка деталей с электрическим насосом, объем 90 л.

1.5 Выводы по главе 1

1. Основными факторами, способствующими загрязнению поверхностей деталей внутри агрегатов и систем, являются: условия эксплуатации; качество горюче-смазочных материалов и технических жидкостей; рабочие процессы, протекающие внутри двигателя.

2. Имеются несколько подходов к классификации загрязнений:

По химическому составу:

– органические;

– неорганические;

– смешанные.

По происхождению:

– загрязнения нежирового происхождения;

– загрязнения от смазочных материалов;

– углеродистые загрязнения;

– загрязнения от продуктов коррозии;

– загрязнения от старых ЛКП;

– технологические загрязнения.

3. Наиболее применяемые способы очистки:

– химический;

– физико-химический;

– электрохимический;

– механический.

4. Наибольшее распространение получили СМС типа «МС», «Лабомид», «Темп». Недостатками этих моющих средств являются недостаточные моющие и ингибиторные свойства, большой расход энергии при мойке сих использованием и другие.

5. Не смотря на некоторые преимущества погружных машин по сравнению с другими, очистка струями воды остается наиболее используемым способом удаления загрязнений.

Цель исследования – увеличение межремонтного ресурса агрегатов автомобилей в процессе ремонта.

Можно сформулировать следующие **задачи,** решение которых обеспечит достижение поставленной цели**:**

1. Определить резервы увеличения межремонтного ресурса агрегатов автомобилей в процессе их ремонта за счет совершенствования процесса мойки деталей.

2. Повысить степень очистки и коррозионную стойкость вымытых деталей за счет дополнительной активизации свойств моющего раствора введением специальной добавки.

3. Экспериментальным путем изучить зависимость моющих и противокоррозионных свойств раствора от концентрации активизирующей добавки, определить ее рациональную концентрацию.

4. Получить уравнение зависимости степени очистки деталей от соотношения концентраций компонентов моющего раствора.

5. Провести производственную проверку результатов лабораторных исследований и ее технико-экономическую оценку.

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА АГРЕГАТОВ МАШИН ПРИ РЕМОНТЕ

2.1 Анализ факторов, влияющих на ресурс машин

Согласно [21] «ресурс: суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до момента достижения предельного состояния».

Любая техническая система, каковым является и автомобиль, состоит из различных элементов. Эти элементы с точки зрения надежности отличаются друг от друга средним ресурсом.

«По мере эксплуатации системы её элементы подвергаются естественным процессам изнашивания, накопления усталостных повреждений, различным деформациям и процессам старения. Вначале выходят из строя менее долговечные элементы, а затем в поток отказов будут включаться более долговечные элементы. Установлено, что параметр потока отказов существенно зависит от времени эксплуатации системы или её наработки. Износ характеризуется, как правило, плавным изменением какого-либо структурного параметра элемента во времени.

Уровень работоспособности каждого элемента характеризуется несколькими структурными параметрами S, которые отражают его состояние в процессе работы в данный период наработки: износ, упругость, зазор в сопряжении, жесткость конструкции, температура и другие факторы. Степень изнашивания элемента обычно представляется в виде зависимости соответствующего параметра от времени наработки t. В общем виде изменение параметра можно выразить формулой (2.1) и представить в виде графической зависимости» [1] (рисунок 2.1).

«Для обеспечения безотказной работы объекта по параметру S необходимо периодически следить за изменениями его состояния. Если

обнаруживается, что его остаточный ресурс меньше установленной величины, то это говорит о необходимости его замены» [1].

$$S = S_н + V \cdot t^{\alpha} \tag{2.1}$$

где S – текущее значение показателя в период наработки t;

V – скорость изменения параметра при $t = 1$, уменьшенная в α раз;

α – показатель степени, характеризующий интенсивность изменения параметра во времени;

t – наработка.

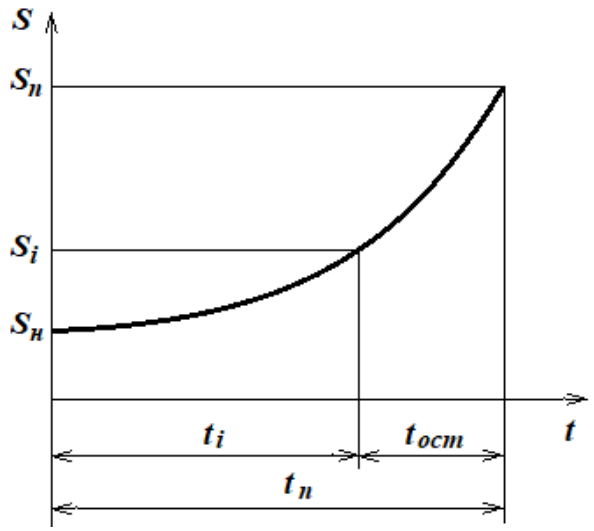


Рисунок 2.1 – Изменение параметра S детали от наработки t:
$S_н$ – начальное значение параметра; S_i – текущее значение параметра;
$S_п$ – предельное состояние параметра

Выражение (2.1) для предельного значения при этом перепишется в виде (2.2):

$$S_п = S_н + V \cdot t_p^{\alpha} \tag{2.2}$$

Как следует из выражения (2.2),ресурс ремонтируемого объекта будет:

$$t_p = \frac{\sqrt[\alpha]{S_п - S_н}}{V}, \tag{2.3}$$

а остаточный ресурс до наступления предельного состояния:

$$t_{ост} = t_п - t_i. \tag{2.4}$$

«Полученные параметры устанавливают период упредительных работ по замене и восстановлению изношенных деталей. Для повышения ресурса работы системы и снижения риска аварийных ситуаций в первую очередь необходимо обращать внимание на элементы «слабого звена», а повышение их долговечности должно решаться с учетом условий эксплуатации» [1].

«Зависимость ресурса машины от коррозионной стойкости ее деталей существенна. Коррозионная стойкость машины закладывается при ее конструировании, обеспечивается при производстве и поддерживается на стадии ее эксплуатации» [49].

При этом «под эксплуатацией объекта понимается стадия его существования в распоряжении потребителя при условии применения объекта по назначению, что может чередоваться с хранением, транспортированием, техническим обслуживанием и ремонтом, если это осуществляется потребителем. К важнейшим нормативам технической эксплуатации относятся периодичность ТО, ресурс изделия до ремонта, трудоемкость ТО и ремонта, расход запасных частей и эксплуатационных материалов» [1].

Даже при полном выполнении всех требований при проектировании, изготовлении и эксплуатации машины через определенное время ее работы нарушается работоспособность [73, 77, 95].

«Одной из причин наступления предельного состояния и снижения ресурса деталей машин является коррозия [75]. По причине коррозии происходит существенная потеря металла, составляющая около 10% от объема ежегодно выплавляемого металла [108]. Разрушение металлических конструкций, снижение качества или потеря способности механизмов выполнять свои функции, аварии и несчастные случаи на производстве из-за резкого снижения прочности элементов машин – это не полный перечень вредных последствий коррозии металлов, которые относятся к косвенным убыткам от коррозии» [49].

«Коррозия способствует загрязнению окружающей среды, снижению плодородия почв, истощению природных ресурсов и др., которые трудно

поддаются экономической оценке» [94]. «На коррозию машин всерьез обратили внимание в середине прошлого века. К этому времени окружающая среда загрязнилась настолько, что она начала агрессивно воздействовать на металлические конструкции» [49].

Вопросы защиты металлов от коррозии освещены в работах таких ученых как И.Л. Розенфельд [58, 59, 60, 61, 62], Г.В. Акимов [2], А.И. Алцыбеев [3], Н.Д. Томашов [83], А.В. Шемякин [99, 100], И.В. Фадеев [85, 86, 87, 88, 90], В.Е. Рязанов [64], В.В. Романов [63], А.Э. Северный [65, 66], А.В. Дорохов [24, 25, 26, 27, 28, 29], L. Yang [110] и других.

«Химический потенциал металла является термодинамическим показателем для его химической коррозии»[49]:

$$\mu = \mu_0 + RT\ln(c_k / c_0)\cdot f_k \qquad (2.5).$$

где R – универсальная газовая постоянная, 8,314 Дж/моль·К;

μ_0 – стандартный химический потенциал;

T – термодинамическая температура, К;

c_k – конечная концентрация катионов металла, моль/л;

c_0 – начальная концентрация катионов металла, моль/л;

f_k – коэффициент активности частиц.

«Электродные потенциалы металлов, которые определяются с использованием уравнения Нернста [2], для электрохимической коррозии являются термодинамическим показателем» [94]:

$$E_{Me} = E_0 + \frac{RT}{nF}\ln a_{Me^{+n}} \qquad (2.6),$$

где R – универсальная газовая постоянная, 8,314 Дж/моль·К;

E_0 – стандартный электродный потенциал металла, В;

T – термодинамическая температура, К;

F – постоянная Фарадея, 96500 Кл;

n – число электронов, участвующих в процессе;

$a_{Me^{n+}}$ – активность ионов металла в растворе.

«Способность металлов вступать в коррозионные процессы выражается термодинамическим показателем. Скорость коррозии в металлах можно определить с учетом изменений (механических, электрических, оптических, структурных и др.), происходящих в корродирующих металлах в течение определенного промежутка времени» [94].

«Исследовать и оценивать коррозию металлов возможно качественными и количественными методами [20].

Качественные методы:

– появления продуктов коррозии, мути;
– исследования внешнего вида (окраска);
– применение индикаторов на катодных и анодных участках»[49];
– оптические методы;
– микроскопические методы.

«Количественные методы: объемные, весовые, манометрические, электрохимические, электрические, магнитометрические и другие.

Весовой метод основывается на определении убыли массы металла, при этом основным показателем является скорость коррозии»[94]:

$$K = \frac{M_1 - M_2}{S \cdot t} \left[\frac{г}{м^2 \cdot ч} \right] \quad (2.7),$$

где M_1 – масса образца в начальном состоянии;

M_2 – масса образца после коррозии;

t – время испытания;

S – исследуемая поверхность.

В дальнейшем выражение (2.7) скорректирована в (2.8):

$$K = \frac{M_1 - M_2}{2[ab + (a+b)c] - \frac{\pi d^2}{2} + \pi dc} \times \frac{10000 \times 8760}{T} \quad (2.8),$$

где M_1 – масса в исходном состоянии, г;

M_2 – масса после коррозии, г;

T – время испытания, год;

a, b, c – линейные размеры исследуемого образца, мм;

$\pi = 3{,}14\ldots$ – математическая постоянная величина;

8760 – коэффициент для перевода час в год;

1000 – коэффициент для перевода кг в г.

«При количественной оценке коррозии металлов необходимо учитывать фактор неравномерности коррозии»[49]:

$$n = \frac{S_k}{S_0} \cdot 100\% \qquad (2.9),$$

где $S_к$ – площадь образца, пораженная коррозией м^2;

S_0 – общая площадь образца, м^2.

Пересчет массового показателя на глубинный показатель осуществляется по формуле [2,69]:

$$П = 8{,}76 \frac{K}{\gamma} \text{ [мм/год]} \qquad (2.10),$$

где $П$ – глубинный показатель коррозии,

K – массовый показатель скорости коррозии,

γ – плотность металла.

Коррозионную стойкость металлов определяют по десятибалльной шкале [60], приведенной в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Десятибалльная шкала коррозионной стойкости металлов

Группа стойкости	Название группы	Скорость коррозии, мм/год	Балл
I	Совершенно стойкие	<0,001	1
II	Весьма стойкие	>0,001 – 0,005 – 0,01	2-3
III	Стойкие	> 0,01 – 0,05 – 0,1	4-5
IV	Пониженной стойкости	0,1 – 0,5 – 1,0	6-7
V	Малостойкие	>1 – 5 – 10	8-9
VI	Нестойкие	>10	10

Повышение коррозионной стойкости вымытых поверхностей обосновывается формированием на них защитной пленки вследствие присутствия в растворе ингибиторов коррозии. Продукты коррозии также могут иметь временную защитную функцию [46].

«На поверхности некоторых металлов в условиях комнатной температуры в результате контактирования с воздухом может сформироваться тончайшая окисная пленка. Чтобы этот слой окислов могла защищать металл от коррозии, он должен обладать хорошими адгезионными свойствами, сплошностью, устойчивостью к агрессивной среде» [49].

«В зависимости от толщины защитные пленки бывают [58]:

– тонкими (< 40 нм);
– средней толщины (40-500 нм);
– толстыми (> 500 нм)» [94].

Сплошность пленки определяется из следующего соотношения:

– $V_{ок} > V_{Me}$ – сплошная пленка;
– $V_{ок} < V_{Me}$ – не сплошная пленка,

где $V_{ок}$ – объем окисла;

V_{Me} – объем металла.

Установлено[58]:

$$V_{Me} = \frac{A}{d}, \quad V_{ок} = \frac{M_{ок}}{nD_{ок}}, \tag{2.11}$$

где d – плотность металла;

A – атомный вес металла;

$M_{ок}$ – молекулярная масса окисла;

$D_{ок}$ – плотность окисла;

n – число атомов металла в молекуле окисла.

Следовательно:

– $\frac{V_{ок}}{V_{Me}} = \frac{Md}{nDA} < 1$, пленка не сплошная;

– $\frac{V_{ок}}{V_{Me}} = \frac{Md}{nDA} > 1$, пленка сплошная.

Характерными признаками разрушения пленок являются микропузыри с разрывом и без разрыва, а также отслаивание и растрескивание.

«Основными целями (и одновременно показателями эффективности) технической эксплуатации техники являются: обеспечение необходимого уровня работоспособности парка для реализации транспортного и технологического процессов; обеспечение большего ресурса после ремонта и в процессе эксплуатации» [49]; сокращение затрат на обеспечение работоспособности (этот показатель влияет на себестоимость транспортного и технологического процессов, а также конкурентоспособность); повышение производительности труда персонала, занятого ТО и ремонтом; сокращение отрицательного влияния машин (связанного с техническим состоянием и обеспечением работоспособности) на население, обслуживающий персонал и окружающую среду.

На рисунке 2.2 представлены особенности формирования уровня ресурса двигателя при его ремонте.

«Влияние составляющих переменных параметров технологического процесса ремонта на межремонтный ресурс (РЕС) агрегатов автомобилей можно записать в виде функциональной зависимости:

$$\text{РЕС} = f\,(\text{МС; ИС; ОЧ; ДЕФ; СТ; Р; ТОР}), \qquad (2.12)$$

где МС – моющая способность раствора;

ИС – ингибирующая способность раствора;

ОЧ – качество очистки деталей (повышает качество дефектовки деталей);

ДЕФ – качество дефектовки деталей (повышает качество работ по ТО и ремонту);

СТ – коррозионная стойкость деталей;

Р – ресурс отдельных деталей;

ТОР – качество ТО и ремонта» [16].

«В качестве основных обобщенных показателей оценки уровня ресурса отремонтированных агрегатов можно использовать вероятность сохранения работоспособности при коэффициенте ресурса ≈1,0» [16].

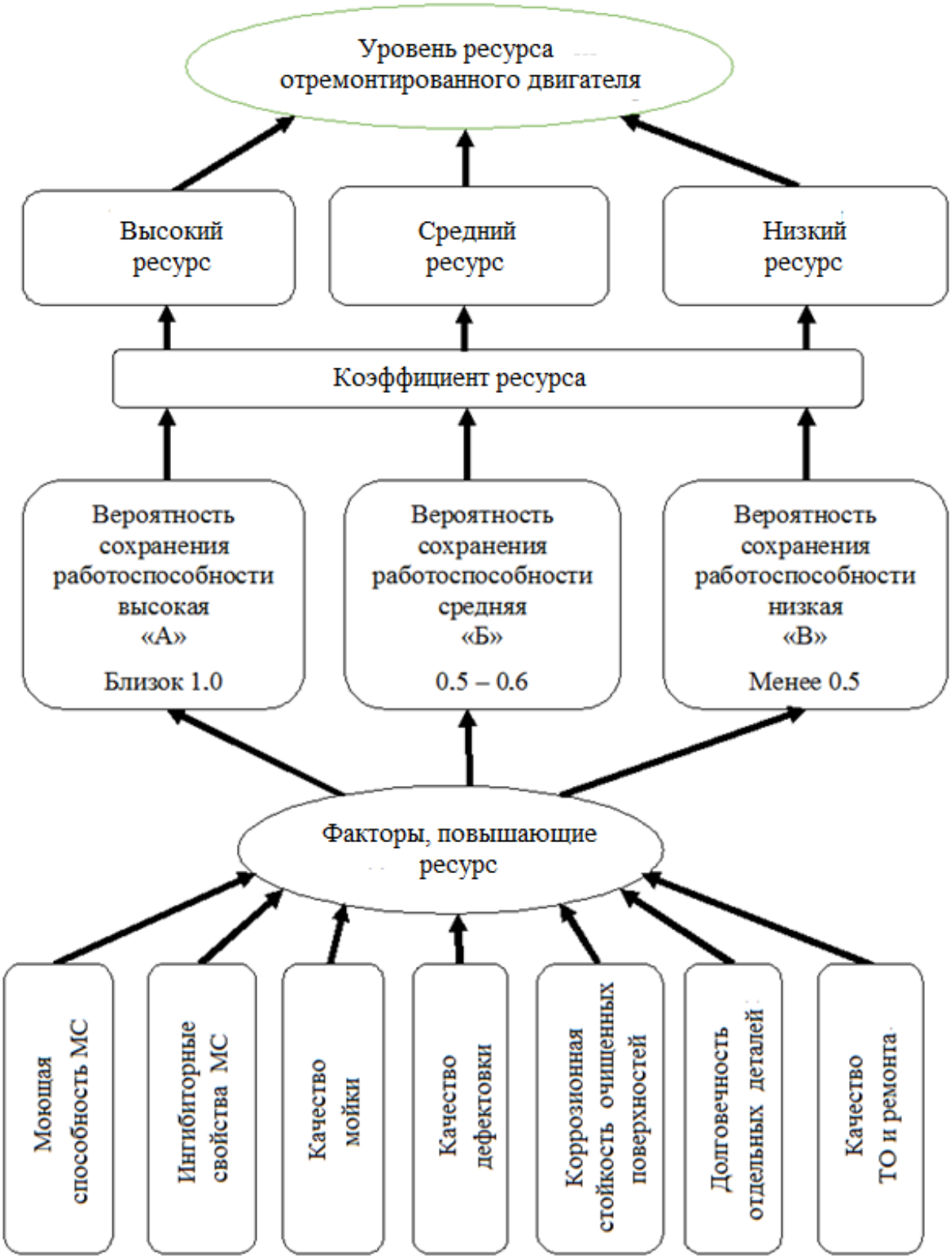


Рисунок 2.2 – Схема формирования ресурса двигателя в процессе ремонта

«Одним из путей, определяющих увеличение ресурса машин, можно назвать совершенствование технологических процессов мойки деталей за счет повышения моющих и противокоррозионных свойств растворов» [49].

Так, введение пентабората аммония (ПБА)в количестве 5 г/л в качестве активизирующей добавки в состав 7%-го раствора «Темп-100» при мойке деталей двигателя ЗМЗ-409051.10 автомобиля УАЗ-3303, увеличивает межремонтную наработку двигателя на 13% и более.

Это объясняется наличием ингибиторных свойств у ПБА, благодаря которым на поверхности вымытых деталей формируется пленка, повышающая стойкость деталей к коррозии, и повышением качества дефектовки деталей при комплектации вследствие улучшения моющих свойств раствора.

2.2 Теоретическое обоснование влияния совершенствования свойств моющего раствора на межремонтный ресурс агрегатов машин

«Основной причиной снижения ресурса машины является износ ее деталей. Для предупреждения износа сопряжений путем своевременного проведения смазки, регулировочных работ и замены быстроизнашивающихся деталей, для поддержания машины в работоспособном состоянии и восстановления ее технических характеристик устанавливаются ТО и ремонт» [49].

Техническое обслуживание (ТО) – комплекс организационных мероприятий и технических операций, направленных на поддержание работоспособности (исправности) объекта и снижение вероятности его отказов при использовании по назначению, хранении и транспортировании [81].

«Этот процесс включает в себя диагностирование всех систем машины и выявление малейших неисправностей. Регулярное ТО машин с использованием современной аппаратуры позволит значительно повысить ресурс машин и их агрегатов»[81].

К основным видам ТО относятся:

– плановое ТО – техническое обслуживание, постановка на которое осуществляется в соответствии с требованиями документации;

– внеплановое ТО (другие отраслевые названия: корректирующее, нерегламентированное) – техническое обслуживание, постановка на которое осуществляется без предварительного назначения по техническому состоянию.

«Плановое ТО машины проводится в соответствии с графиком ТО, а внеплановое проводится перед продажей или новым владельцем после приобретения, перед сезонными работами независимо от технического состояния машины с целью обеспечения исправного состояния.

При ТО проводят совокупность всех технических воздействий, направленных на поддержание или возвращение изделия в работоспособное состояние [81].

ТО выполняется на самих предприятиях агропромышленного (АПК) или автотранспортного комплексов (АТК), или на специализированных предприятиях.

С целью предупреждения неисправностей и отказов машин или его агрегатов на сельскохозяйственных и автотранспортных предприятиях проводят профилактические мероприятия ТО, включающие диагностирование, сезонное обслуживание (СО), мойку и очистку» [49].

Для обеспечения работоспособности и поддержания технически исправного состояния машины проводится ремонт –комплекс технических операций и организационных действий по восстановлению исправного или работоспособного состояния и ресурса машины или ее составных частей [81].

«Процесс ремонта машин состоит из комплекса работ по устранению неисправностей путем восстановления или замены деталей узлов и агрегатов. Ремонт включает локализацию, диагностирование, устранение неисправности и контроль функционирования» [15].

Ремонты подразделяются на плановые и внеплановые:

– плановый ремонт – ремонт, выполняемый по плану в соответствии с требованиями документации. Плановые ремонты по объему выполняемых

работ, трудоемкости и периодичности проведения подразделяются на текущие, средние и капитальные.

– неплановый ремонт – ремонт, не предусмотренный планом. Неплановые ремонты могут быть обусловлены отказом объекта, появлениями повреждений (неисправностей), нарушением правил технической эксплуатации. Неплановые ремонты подразделяются на аварийно-восстановительные и ремонты по состоянию.

«В зависимости от назначения, характера выполняемых работ и их объема ремонт подразделяется на текущий ремонт (ТР) и капитальный ремонт (КР).

ТР подразделяются на ТР машины и ТР двигателя.

Проведение ТР предусматривает устранение возникших отказов, обеспечение нормативных ресурсов машин и их агрегатов до КР, обеспечение безотказной работы отремонтированных агрегатов до очередного ТО.

ТР может выполняться на самих предприятиях АПК и АТК, или специализированных сервисных и ремонтных предприятиях. При проведении ТР могут быть заменены отдельные поврежденные или изношенные детали агрегатов. Замена базовых деталей (таблица 2.2) при проведении ТР не предусмотрена» [49].

Таблица 2.2 – Базовые детали агрегатов машин[33]

Наименование агрегатов	Наименование базовых деталей
Двигатель	Блок цилиндров
Передний мост	Балка передней оси или поперечина независимой подвески
Задний мост	Картер
Рулевой механизм	Картер
Коробка передач	Картер
Кузов (или кабина)	Каркас кузова или кабины
Подъемный механизм автомобиля-самосвала	Головка цилиндров гидравлического механизма и картер коробки отбора мощности
Рама	Продольные балки

«Базовые детали составляют основу агрегата и обеспечивают его правильное размещение, а также взаимное расположение и функционирование всех остальных деталей и агрегата в целом. Ресурс агрегата и возможность дальнейшей эксплуатации определяются состоянием и ремонтопригодностью базовой детали.

ТО и ТР автомобиля выполняется на универсальных постах, ремонт и регулировка агрегатов – на специализированных участках. К постовым работам относятся те, которые выполняются непосредственно на автомобиле: моечные, уборочные, крепежные, смазочные с агрегатами, снятыми с автомобиля. На посты возлагают выполнение всех работ по ТР одного или нескольких агрегатов» [49], сборочных единиц и систем машины. Рекомендуется специализировать производственные участки на выполнение определенных работ по агрегатам, электрооборудованию. Узкая специализация ремонтных предприятий позволяет применять наиболее производительные технологические процессы, улучшать качество и снижать себестоимость ремонтных работ.

«Потребность в ТР выявляется при контрольно-осмотровых работах ТО и в процессе использования автомобиля. Водитель оформляет заявку на ТР, с указанием перечня работ для восстановления исправного состояния автомобиля» [49].

КР подразделяется на КР автомобиля и КР агрегата [33]. «КР автомобиля предназначен для восстановления его технического состояния, обеспечивающего срок службы автомобиля на весь период установленной межремонтной наработки.

Автомобиль направляют в КР при необходимости капитально отремонтировать кабину (кузов)и раму, или большинство агрегатов, а агрегат – при необходимости заменить или отремонтировать его базовую деталь.

Потребность автомобиля(агрегата)в КР устанавливается проверкой их состояния после выполнения нормативной наработки (км) до КР» [49].

«При КР автомобиля производится полная ее разборка на агрегаты, узлы и детали, контрольная проверка и сортировка деталей на годные, требующие ремонта и негодные. Рама автомобиля переклепывается, комплектуются все узлы и агрегаты, производятся их сборка, испытание и регулировка. Испытанные агрегаты собираются на раме, после чего автомобиль подвергается испытанию в работе. Все неисправности, выявленные при испытании автомобиля, устраняются, и автомобиль окрашивают» [94].

В последние годы предприятия АПК и АТК практически отказались от КР автомобилей, выполняют только КР агрегатов и сборочных единиц.

«КР двигателя автомобиля включает уборочно-моечные, контрольно-дефектовочные, контрольно-диагностические и регулировочные, крепежные, смазочно-заправочные, разборочно-сборочные, слесарно-механические, окрасочные работы, необходимые для устранения отдельных неисправностей» [94].

«Уборочно-моечные работы предназначены для:

– поддержания требуемого санитарного состояния по автомобилю;
– поддержания эстетического внешнего вида;
– защиты ЛКП от разрушения внешней средой;
– удаления загрязнений с поверхностей агрегатов и узлов автомобиля;
– создания благоприятных условий для проведения ТО и ТР;
– повышения качества проведения диагностических, контрольно-дефектовочных и регулировочных работ;
– обеспечения высокой коррозионной стойкости поверхности вымытых деталей (с использованием разработанного в настоящей работе моющего состава)» [49].

Оценку зависимости ресурса двигателя от выше приведенных работ КР на проводили по методике, приведенной в [93, 95], методом интеграции мнений квалификационных специалистов, то есть методом экспертных оценок, которая заключается в коллективной работе экспертных групп и получении, а затем суммировании индивидуальных оценок экспертов.

Выбраны 4 вида работ:

– уборочно-моечные;

– контрольно-диагностические, дефектовочные и регулировочные;

– разборочно-сборочные и слесарно-механические;

– смазочно-заправочные;

Все четыре вида работ влияют на ресурс двигателя при КР, но встает вопрос, которому дать предпочтение?

«Был составлен коллектив из восьми экспертов, каждый из которых самостоятельно оценивал влияние видов работ на ресурс двигателя, ранжировав их по значимости, т.е.:

1) осуществлялась комплектация и проверка компетенции группы экспертов, которые должны быть специалистами в рассматриваемом вопросе, но не быть заинтересованными в результатах;

2) проводился устный или письменный инструктаж группы экспертов;

3) экспертами осуществлялась индивидуальная оценка влияния предложенных видов работ, в процессе которой они располагались в порядке убывания степени их влияния на ресурс двигателя, являющийся целевой функцией. При этом вид работы, имеющий наибольшее влияние оценивался первым рангом (цифрой 1). Виду работы, имеющему меньшее значение, присваивался второй ранг (цифра 2) и т.д. (таблица 2.3).

4) проводилась обработка результатов экспериментов» [93].

В таблице 2.3 приведены результаты экспертиз по четырем видам работ.

Таблица 2.3 – Результаты оценки видов работ экспертами

№ п/п	Виды работ	Оценка каждого эксперта ранга y_i								Сумма рангов, $\sum y_i$	Отклонения суммы рангов, Δ	Δ^2	Занимаемые места по видам работ
		1	2	3	4	5	6	7	8				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Уборочно-моечные	2	1	2	1	1	1	2	1	11	-9	81	1

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	Контрольно-диагностические, дефектовочные и регулировочные	3	4	4	2	3	2	4	4	26	6	36	3
3	Разборочно-сборочные и слесарно-механические	4	3	3	4	4	4	3	2	27	7	49	4
4	Смазочно-заправочные	1	2	1	3	2	3	1	3	16	-4	16	2

Требуется произвести анализ результатов экспертизы, расставить работы в ряд по важности, оценить мнения специалистов.

Оценки экспертов обозначены через y.

В таблице 2.3 приведены результаты следующих расчетов:

– суммы построчных рангов (оценок экспертов). Например, по первому виду работ:

$$\sum y_1 = y_{1,1} + y_{1,2} + y_{1,3} + \cdots + y_{1,8} = 2 + 1 + 2 + 1 + 1 + 1 + 2 + 1 = 11.$$

По другим видам:

$$\sum y_2 = 3 + 4 + 4 + 2 + 3 + 2 + 4 + 4 = 26;$$

$$\sum y_3 = 4 + 3 + 3 + 4 + 4 + 4 + 3 + 2 = 27;$$

$$\sum y_4 = 1 + 2 + 1 + 3 + 2 + 3 + 1 + 3 = 16.$$

– среднеарифметические оценки экспертов по видам работ:

$$\bar{y}_1 = \frac{1}{m}\sum y_1 = \frac{1}{8} \cdot 11 = 1{,}375;$$

$$\bar{y}_2 = \frac{1}{m}\sum y_2 = \frac{1}{8} \cdot 26 = 3{,}250;$$

$$\bar{y}_3 = \frac{1}{m}\sum y_3 = \frac{1}{8} \cdot 27 = 3{,}375;$$

$$\bar{y}_4 = \frac{1}{m}\sum y_4 = \frac{1}{8} \cdot 16 = 2{,}000;$$

где y_1, y_2, y_3, y_4 – построчные значения оценок.

Дисперсию оценок определяли по выражению:

$$S_j^2 = \frac{\sum(y_i - \bar{y}_i)^2}{m-1},$$

где y_i – оценка j строчки по экспериментам;

$\bar{y}_i$ – средняя арифметическая по строчке.

Суммы $\sum(y_i - \bar{y}_i)^2$ – вычисляли для каждого вида работ отдельно (вспомогательные таблицы 2.4-2.7).

Таблица 2.4 – Вспомогательная таблица для расчета дисперсии (вид работы – уборочно-моечные)

№№ п/п	y_i	$y_i - \bar{y}_i$	$\sum(y_i - \bar{y}_i)^2$
1	2	+0,625	0,3906
2	1	–0,375	0,1406
3	2	+0,625	0,3906
4	1	–0,375	0,1406
5	1	–0,375	0,1406
6	1	–0,375	0,1406
7	2	+0,625	0,3906
8	1	–0,375	0,1406
Сумма	11	0	1,875

Дисперсия:

$$S_j^2 = \frac{\sum(y_i - \bar{y}_i)^2}{m-1} = \frac{1{,}875}{8-1} = 0{,}268;$$

Стандартное отклонение:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0.268} = 0{,}518.$$

Коэффициент вариации:

$$\vartheta = \frac{S}{\bar{y}} = \frac{0{,}518}{1.375} = 0{,}376.$$

Таблица 2.5 – Вспомогательная таблица для расчета дисперсии (вид работы – контрольно-диагностические, дефектовочные и регулировочные)

№№ п/п	y_i	$y_i - \bar{y}_i$	$\sum(y_i - \bar{y}_i)^2$
1	2	3	4
1	3	–0,25	0,0625

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4
2	4	+0,75	0,5625
3	4	+0,75	0,5625
4	2	–1,25	1,5625
5	3	–0,25	0,0625
6	2	–1,25	1,5625
7	4	+0,75	0,5625
8	4	+0,75	0,5625
Сумма	26	0	5,5

Дисперсия:

$$S_j^2 = \frac{\sum(y_i - \bar{y}_i)^2}{m-1} = \frac{5,5}{8-1} = 0,786;$$

Стандартное отклонение:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0,786} = 0,886.$$

Коэффициент вариации:

$$\vartheta = \frac{S}{\bar{y}} = \frac{0,886}{3,25} = 0,273.$$

Таблица 2.6 – Вспомогательная таблица для расчета дисперсии (вид работы – разборочно-сборочные и слесарно-механические)

№№ п/п	y_i	$y_i - \bar{y}_i$	$\sum(y_i - \bar{y}_i)^2$
1	2	3	4
1	4	+0,625	0,391
2	3	–0,375	0,141
3	3	–0,375	0,141
4	4	+0,625	0,391
5	4	+0,625	0,391
6	4	+0,625	0,391
7	3	–0,375	0,141
8	2	–1,375	1,891
Сумма	27	0	3,878

Дисперсия:

$$S_j^2 = \frac{\sum(y_i - \bar{y}_i)^2}{m-1} = \frac{3,878}{8-1} = 0,554;$$

Стандартное отклонение:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0{,}554} = 0{,}744.$$

Коэффициент вариации:

$$\vartheta = \frac{S}{\bar{y}} = \frac{0{,}744}{3{,}375} = 0{,}221.$$

Таблица 2.7 – Вспомогательная таблица для расчета дисперсии (вид работы – смазочно-заправочные)

№№ п/п	y_i	$y_i - \bar{y}_i$	$\sum (y_i - \bar{y}_i)^2$
1	1	–1	1
2	2	0	0
3	1	–1	1
4	3	+1	1
5	2	0	0
6	3	+1	1
7	1	–1	1
8	3	+1	1
Сумма	16	0	6

Дисперсия:

$$S_j^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y}_i)^2}{m-1} = \frac{6}{8-1} = 0{,}857;$$

Стандартное отклонение:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0{,}857} = 0{,}926.$$

Коэффициент вариации:

$$\vartheta = \frac{S}{\bar{y}} = \frac{0{,}926}{2{,}0} = 0{,}463.$$

По результатам экспертных оценок можно расставить предпочтительность видов работ по влиянию на ресурс двигателя:

1 место – уборочно-моечные;

2 место – смазочно-заправочные;

3 место – контрольно-диагностические, дефектовочные и регулировочные;

4 место – разборочно-сборочные и слесарно-механические.

Из таблицы 2.8 видно, что эксперты не ошиблись. Уборочно-моечные и смазочно-заправочные работы значительнее влияют на ресурс двигателя, чем контрольно-диагностические, дефектовочные и регулировочные, разборочно-сборочные и слесарно-механические работы.

Таблица 2.8 – Сводная характеристика оценок исследования

№№ п/п	Вид работ	Сумма рангов, $\sum y_i$	Занимаемое место по оценке экспертов	Коэффициент вариации в оценках, %
1	Уборочно-моечные	11	I	37,6
2	Контрольно-диагностические, дефектовочные и регулировочные	26	III	27,3
3	Разборочно-сборочные и слесарно-механические	27	IV	22,1
4	Смазочно-заправочные	16	II	46,3

Данные таблицы 2.8 доказывают, что повышение межремонтного ресурса двигателя при его ремонте, главным образом, обеспечивается совершенствованием операций УМР.

«Ресурс деталей автомобиля обусловлен двумя взаимосвязанными факторами: наработкой и календарным сроком службы.

В последние годы в РФ реже стали выполнять КР автомобилей. В европейских странах вообще отказались от КР автомобилей, в основном проводят КР агрегатов с полной разборкой, дефектацией, восстановлением или заменой отдельных деталей, сборкой, регулировкой и испытанием. Качество выполнения каждой операции ремонта определяет ресурс автомобиля» [49].

«Как известно, ресурс отремонтированного агрегата напрямую зависит от качества его ремонта. Все факторы, влияющие на качество ремонта, можно сгруппировать в две группы (рисунок 2.3): технологические; организационные» [49].

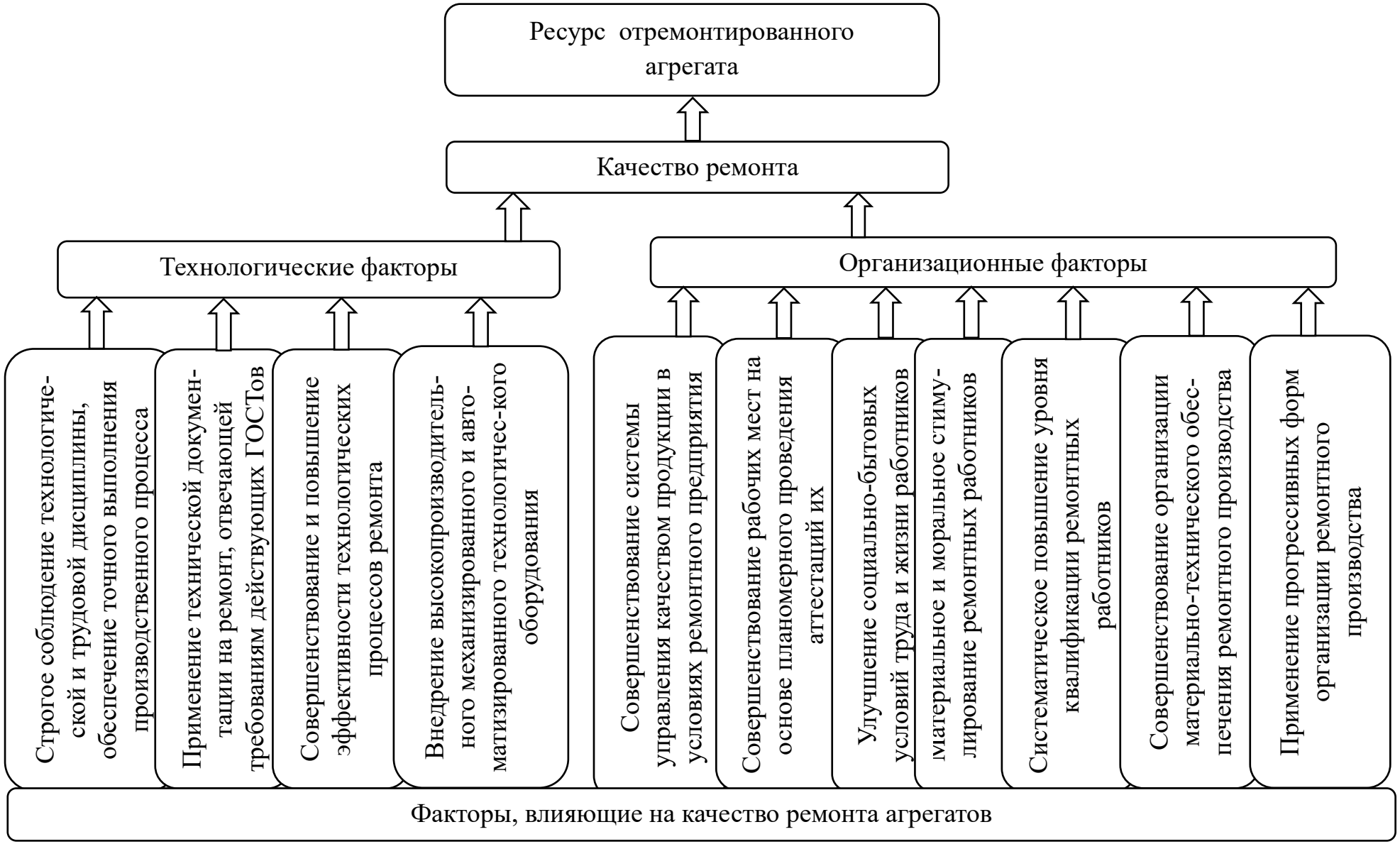


Рисунок 2.3 – Влияние качества ремонта на ресурс отремонтированного агрегата

«Одним из факторов, относящихся к технологическим, является повышение эффективности и совершенствование технологических процессов ремонта машин. Эту задачу можно реализовать совершенствованием мойки деталей, используя моющие растворы, разработанные в настоящей работе.

Трудоемкость (t) операций ТО (ремонта) – это затраты труда на выполнение в заданных условиях операции или группы операций ТО (ремонта), измеряемые в нормо-единицах (человеко-часах или человеко-минутах) [45].

Если операции, ТО (ремонта) выполняет один работник, то продолжительность их выполнения равна численному значению трудоемкости. Если эту работу одновременно могут выполнять несколько работников (P), то продолжительность сокращается в (P) раз и составит» [94]:

$$t_c = \frac{t}{\varepsilon P}, \tag{2.13}$$

где ε – коэффициент определяющий возможность совместной работы исполнителей, $0 < \varepsilon \leq 1$.

«Различают нормативную и фактическую трудоемкость:

– нормативная трудоемкость является рекомендуемой изготовителем, корректируемой и используемой на предприятии для определения количества и оплаты труда исполнителей (тарифная ставка, руб./ч), а также для расчета с клиентами.

– фактическая трудоемкость – это затраты труда на выполнение определенной операции определенным исполнителем. Является случайной величиной и отличается от нормативной.

Для установления зависимости общей трудоемкости технологического процесса ремонта агрегата (двигателя) автомобиля от совершенствования технологии мойки воспользуемся анализом структуры операций ТО и ремонта (рисунок 2.4).

Общая трудоемкость технологического процесса ремонта агрегата (двигателя) машины$t_{общ.}$ равна сумме трудоемкостей отдельных операций» [49].

$$t_{общ.} = t_{сн} + t_{н.м.} + t_{рзб.} + t_{м.д.} + t_{деф.} + t_{комп} + t_{сб.} + t_{обк.} + t_{уст.}, \tag{2.14}$$

где $t_{сн}$ – трудоемкость снятия двигателя с машины;

$t_{н.м.}$ – трудоемкость наружной мойки двигателя;

$t_{разб.}$ – трудоемкость разборки двигателя на узлы и детали;

$t_{м.д.}$ – трудоемкость очистки и мойки узлов и деталей;

$t_{деф.}$ – трудоемкость дефектации деталей;

$t_{комп.}$ – трудоемкость комплектования;

$t_{сб.}$ – трудоемкость сборки двигателя;

$t_{обк.}$ – трудоемкость обкатки и испытания двигателя;

$t_{уст.}$ – трудоемкость установки двигателя на машину.

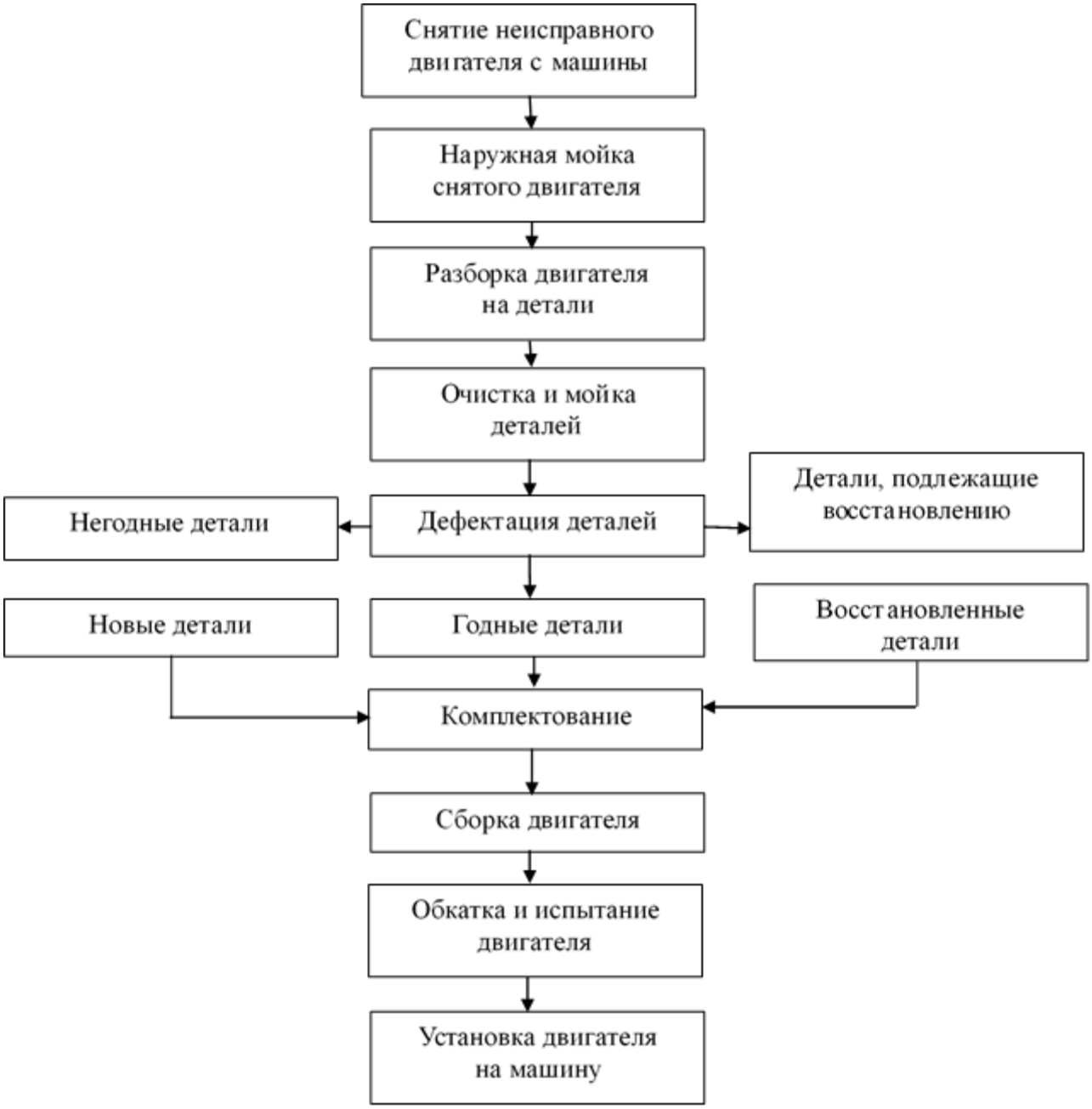


Рисунок 2.4 – Схема технологического процесса ремонта двигателя машины

Анализируя выражение 2.14, можно подытожить, что использование для мойки деталей раствора полученного нами состава способствует снижению общей трудоемкости технологического процесса ремонта двигателя автомобиля, прежде всего за счет сокращения времени дефектации деталей и повышения производительности труда при сборочных работах.

2.3 Механизм моющего действия многокомпонентного раствора на загрязнения деталей

«Технологический процесс мойки – это комплекс параллельно-последовательных физико-механических и физико-химических процессов. В основе этих процессов лежат такие явления как смачивание, адсорбция, диспергирование, в том числе эмульгирование, стабилизация и коагуляция дисперсий, пептизация, адгезия, набухание, растворение, солюбилизация и пенообразование [14, 31, 36].

Комплекс, перечень и полнота перечисленных явлений в процессе мойки зависит от обмываемой поверхности, вида загрязнения, очищаемой среды, состава, температуры, механической и химической активности моющего раствора» [49].

«Первой фазой процесса мойки является смачивание. В процессе мойки моющий раствор и обмываемая поверхность контактируют друг с другом. Моющее действие раствора определяется степенью этого контакта: чем выше степень контакта, тем выше моющее действие раствора, и наоборот, чем ниже степень контакта, тем ниже моющее действие раствора [97].

Смачиваемость определяется краевым углом θ, который образуется между проекцией касательной, проведенной к поверхности жидкости из точки контакта твердой – *т*, жидкой – *ж* и газообразной – *г* поверхностей, и самой касательной (рисунок 2.5) [24, 32]. Краевой угол определяет адгезионные и когезионные свойства моющей жидкости.

Если краевой угол тупой, то когезионные свойства преобладают над адгезионными и очищаемая поверхность не смачивается раствором (рисунок

2.5, *а*). Если краевой угол острый, то адгезионные свойства преобладают над когезионными и очищаемая поверхность смачивается раствором (рисунок 2.5, *б*). Мойка загрязненных поверхностей деталей возможна только при 0º< θ <90°и θ = 0 (рисунок 2.5, *б* и *в*)» [94].

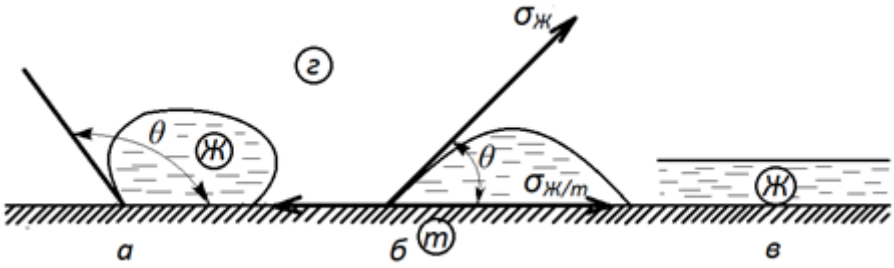


Рисунок 2.5 – Краевые углы смачивания обмываемой поверхности:
а – 90º< θ <180° – ничтожно малая смачиваемость;
б – 0º< θ <90° – удовлетворительная смачиваемость;
в – θ = 0 – полная смачиваемость

«Поверхности, которые смачиваются обычной водой, являются гидрофильными.

Поверхности, которые не смачиваются обычной водой (вода не растекается по поверхности, а образует капельки), являются гидрофобными.

Гидрофильные загрязнения намокают, растекаются по поверхности деталей и смываются струей воды. Но полного смачивания добиться практически невозможно» [49].

«Для улучшения смачивания гидрофобных загрязнений в составе моющих растворов должны содержаться ПАВ.

Молекулы ПАВ могут располагаться в воде таким образом, что их гидрофильная часть (полярная «головка») погружается в воду, а гидрофобная (углеводородная «хвостовая» сторона) часть поворачивается к верху (рисунок 2.6). Это происходит по той причине, что гидрофильная часть ПАВ растворяется в воде, а гидрофобная всплывает наружу. Такое явление способствует тому, что молекулы ПАВ в основном концентрируются на поверхности раздела фаз [57] и называется адсорбцией» [16].

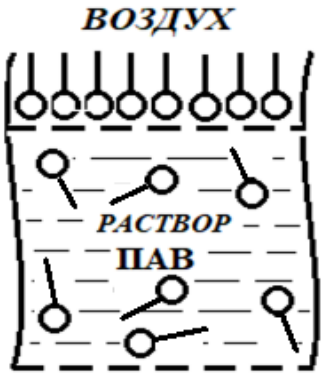


Рисунок 2.6 – Концентрация молекул ПАВ на поверхности раздела фаз: воздух – раствор ПАВ

«Адсорбция представляет из себя самопроизвольный процесс, поэтому ей свойственно уменьшение свободной энергии.

Вещество, которое скопляет на своей поверхности другие вещества, называют адсорбентом, а вещества, концентрирующиеся на поверхности, называют адсорбтивами. Отсюда следует, что роль моющего компонента в составе СМС исполняют ПАВ, а роль ингибиторов – специальные противокоррозионные добавки.

Образование эмульсии путем перехода частиц загрязнения в объем моющего раствора называется эмульгированием. Эмульсия представляет из себя консистенцию жидкостей, которые не растворяются, а распределяются в друг друге в виде мелких капель.

ПАВ активизируют процесс перехода частиц загрязнения в раствор (рисунок 2.7), где они измельчаются и содержатся в растворе. Этот процесс называют диспергированием. Очень важно, чтобы моющий раствор исключил возможность оседания частиц загрязнений на поверхность обмываемых деталей» [49].

«Солюбилизацией называют способность моющего раствора удерживать в своем объеме частицы загрязнений. Иногда ее называют коллоидным растворением. Солюбилизация повышает температурную устойчивость моющих растворов при охлаждении и нагревании»[16].

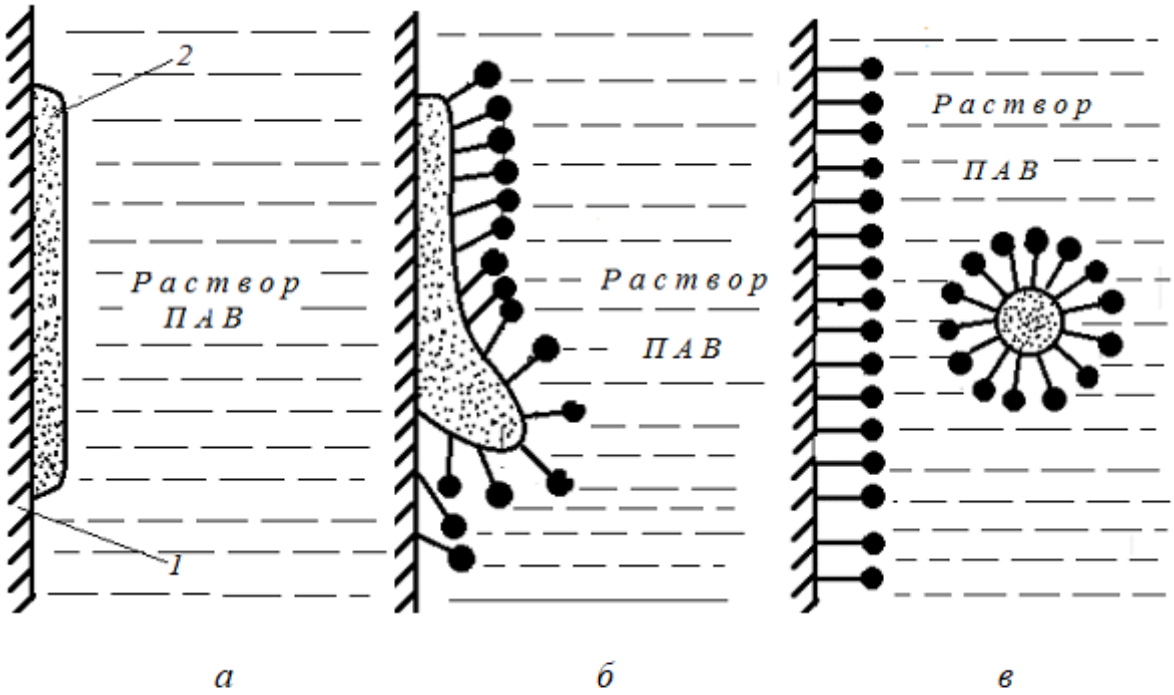


Рисунок 2.7 – Схема перехода частиц масляного загрязнения в объем раствора: *1* – деталь; *2* – загрязнение; *а* – исходное состояние; *б* – увеличение объема и образование капелек загрязнения; *в* – эмульгированная капля масла

«Стабилизатор – это вещество, которое препятствует слиянию капель.

Роль стабилизатора в моющем растворе в основном выполняют эмульгаторы» [16] (рисунок 2.8).

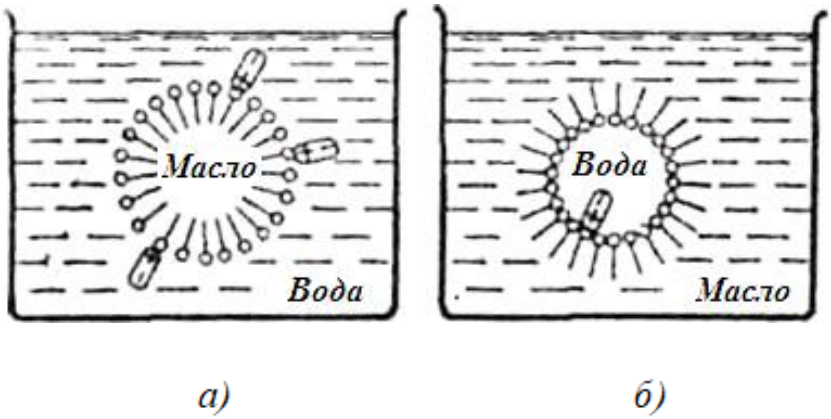


Рисунок 2.8 – Стабилизация эмульсий: *а)* – прямая; *б)* – обратная

«Пептизацией называют процесс повышения раздробленности (дисперсности) частиц загрязнения. Присутствие пептизаторов в растворе способствует ослаблению связей между раздробленными частицами

загрязнений, образованию суспензии (нахождение твердых частиц загрязнений во взвешенном состоянии в объеме раствора)» [49].

«Технологический процесс мойки, вследствие реакции гидролиза при растворении СМС в воде, может протекать с обильным пенообразованием.

Пены – крупные пузырьки газа в растворе, разделенные пленочными стенками, и образующие дисперсионную среду.

Причиной образования пены в моющем растворе является попадание воздуха в процессе перемешивания СМС. Пена поглощает в себя частицы грязи из раствора и с обмываемых поверхностей деталей. В связи с тем, что и слишком обильное, и недостаточное пенообразование снижают качество мойки деталей, количество пены регулируют добавлением в растворы пеногасителей (алкиламины, эфиры, спирты)» [94].

«Молекулы ПАВ на стенках пузырьков располагаются так же, как на поверхности моющего раствора: гидрофобными концами к воздуху, гидрофильными – к воде. Пузырьки воздуха оказываются заключенными в пленку, внутренняя сторона которой является гидрофобной, а наружная – гидрофильной.

Для предотвращения повторного осаждения частиц загрязнений на обмываемой поверхности деталей в состав СМС добавляются специальные полимеры, которые предотвращают резорбцию.

После завершения процесса мойки молекулы моющего средства оседают на поверхности частиц загрязнений и вымытой поверхности, изолируя их друг от друга и препятствуя укрупнению частиц загрязнений» [49].

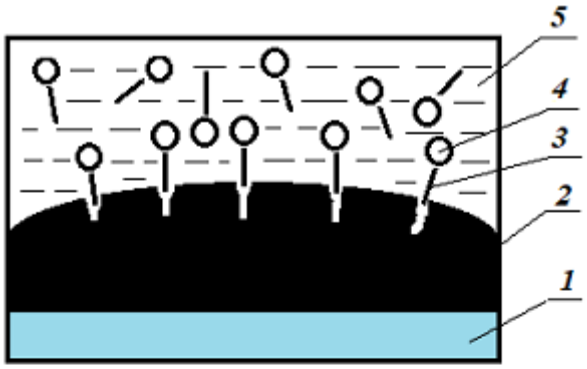
Процесс мойки состоит из четырех этапов [94] (рисунок 2.9):

1) раствор моющего средства смачивает загрязнение, проникает в трещины и поры загрязнения (рисунок 2.9, 1));

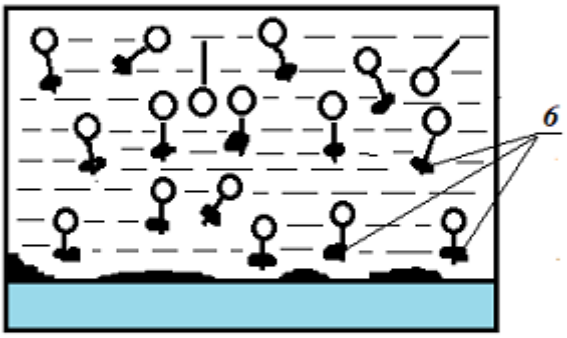
2) частицы загрязнения переходят в раствор (рисунок 2.9, 2));

3) обволакивание частицы загрязнения молекулами моющего средства, что не дает частицам соединяться друг с другом и оседать на детали (рисунок 2.9, 3));

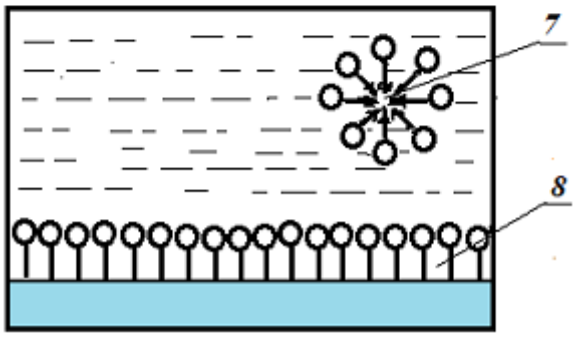
4) частицы загрязнения стабилизируются в объеме моющего раствора для последующего удаления (рисунок 2.9, 3)).



1)



2)



3)

Рисунок 2.9 – Этапы процесса мойки деталей: 1 – очищаемая поверхность; 2 – загрязнение; 3 – гидрофобная часть молекулы ПАВ (радикал); 4 – гидрофильная часть молекулы ПАВ; 5 – моющий раствор; 6 – перевод частиц загрязнения в раствор; 7 – частицы загрязнения, стабилизированные в растворе; 8 – адсорбированные молекулы ПАВ на очищенной поверхности

В процессе мойки деталей образуется пена, которая удерживает диспергированные частицы загрязнения и не дает им осаждаться на

поверхности деталей.

««Поверхностно-активное вещество» по рекомендациям Международной комиссии по терминологии Международного комитета по ПАВ определяется как вещество, способное из раствора (истинного или коллоидного) в жидкой среде адсорбироваться на поверхности раздела фаз [жидкость – газ (пар), жидкость – жидкость, жидкость – твердое тело (загрязнение – моющий раствор)] с соответствующим понижением свободной энергии (поверхностного натяжения загрязнений) на этой поверхности и тем самым облегчающее очистку» [49].

Можно рассматривать ионогенные и неионогенные ПАВ [57] (рисунок 2.10).

«Ионогенные ПАВ – это ПАВ, способные диссоциировать в воде. По характеру образующихся ионов они делятся на две основные группы [57]. Если углеводородная часть молекулы ПАВ входит в состав аниона, то соединение относят к анионоактивным ПАВ (рисунок 2.10, *а*). Соответственно катионоактивные ПАВ (рисунок 2.10, *б*) образуют в водных растворах катионы, содержащие углеводородные радикалы» [16].

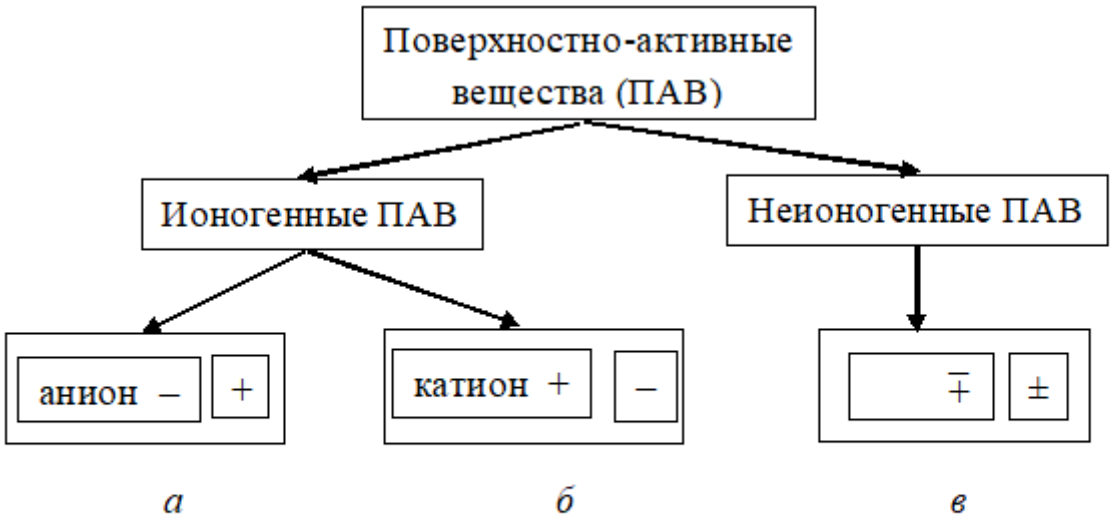


Рисунок 2.10 – Классификация ПАВ с изображением схемы их молекул: *а* – анионоактивные; *б* – катионоактивные; *в* – неионогенные

«Молекулы неионогенных ПАВ содержат неионизирующиеся полярные

группы, в состав которых входят атомы кислорода, азота и серы. Одни авторы предполагают, что неиногенные ПАВ могут проявлять свойства анионактивных ПАВ, а другие утверждают, что они способны проявлять катионактивный характер. Эти утверждения условно показаны на рисунке 2.10, *в*.

В реальности все происходит достаточно сложнее, потому что активность неионогенных ПАВ объясняется огромным количеством неионогенерирующихся гидрофильных групп» [49].

«Очистка поверхностей связана с затратой тепловой, механической и физико-химической энергии на разрушение загрязнений (преодоление прочностных, когезионных сил) и на удаление загрязнений с поверхности (преодоление удерживающих адгезионных сил) [17].

Тепловая энергия необходима для снижения когезионно-адгезионных связей удаляемых загрязнений. Так, вязкость асфальто-смолистых отложений в двигателях при повышении температуры от 20 до 100С уменьшается в сто и более раз»[105].

«При ударе струи жидкости о поверхность обмываемой детали возникают касательные и нормальные напряжения, которые механически разрушают слой загрязнения, его адгезионно-когезионные связи, что способствует удалению загрязнений с поверхности детали. Удаление слоя загрязнения происходит тогда, когда сила удара струи об обмываемую поверхность детали преобладает хотя бы над одной из прочностных характеристик (адгезионных или когезионных) загрязнений» [49].

Силу удара струи (P) можно определить по выражению [56, 94, 102]:

$$P = m_o \cdot \upsilon_o \cdot (1 - \cos\alpha) = \rho \cdot \omega_o \cdot \upsilon_o^2 \cdot (1 - \cos\alpha), \text{ Н}, \qquad (2.15)$$

где m_o – секундная масса жидкости, кг/с;

υ_o – скорость потока (скорость истечения воды из сопла), м/с;

α – угол оттекания струи от точки встречи с преградой, рад;

ω_o – живое сечение набегающей струи, м^2;

ρ – плотность жидкости, кг/м^3.

Сила удара струи, как следует из выражения (2.15),увеличивается с увеличением скорости потока υ_o, которая определяется по выражению (2.16)[84]:

$$\upsilon_o = \varphi \cdot \sqrt{2gH}\,, \tag{2.16}$$

где $\varphi = 0{,}475 - 0{,}98$ – коэффициент скорости потока. Зависит от формы отверстия и типа насадки;

H – напор воды, м;

g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Расход воды можно определить по выражению (2.17)[67].

$$Q = \frac{\pi d^2 \upsilon_o}{4 \cdot 1000}; \tag{2.17}$$

Тогда из выражения (2.16) с учетом выражения (2.17) следует, что, уменьшая диаметр сопла d и увеличивая скорость истечения воды υ_o, можно увеличить силу удара струи P, не изменяя расход воды Q.

Используя схему сил на рисунке 2.11 можно установить условие удаления частицы загрязнения с поверхности детали.

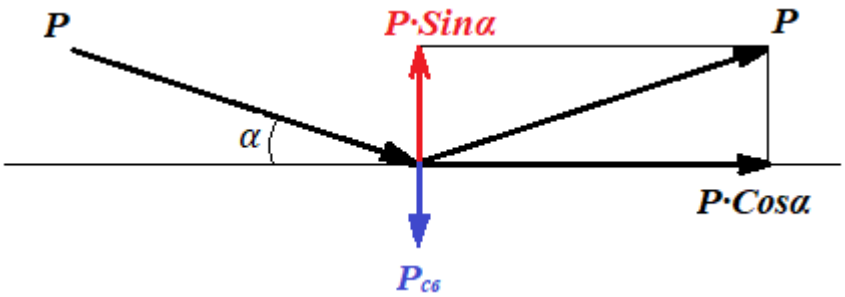


Рисунок 2.11 – Схема сил воздействия струи жидкости на частицу загрязнения на поверхности детали

«При струйной очистке статистический напор жидкости преобразуется в динамическое давление. Условием удаления загрязнений является превышение динамических давлений жидкости над прочностными свойствами загрязнений» [49].

Удаление загрязнения с поверхности детали возможно при условии:

$$P \cdot sin\alpha \gg P_{св}. \tag{2.18}$$

«При этом факторами, определяющими эффективность удаления загрязнений с поверхностей деталей, являются:

– температура моющей жидкости [8];

– скорость струи жидкости;

– химическая активность моющего раствора;

– угол растекания струи;

– профиль насадки» [94].

«Существует много способов для оценки степени очистки поверхностей после мойки деталей: визуальный, количественный и другие. При количественной оценке используют гравиметрический метод и степень очистки ($C_{оч.}$) определяют по формуле:

$$C_{оч.} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\%, \quad (2.19)$$

гдеM_1– масса загрязнения на испытуемых образцах до мойки, г;

M_2 – масса оставшегося загрязнения на образцах после мойки, г» [76].

«Для комплексной оценки СМС недостаточно определения степени очистки поверхностей от загрязнений. Немаловажное значение для этого имеет способность СМС повышать противокоррозионную стойкость обмываемой поверхности деталей за счет образования на ней тонкой защитной пленки, что исключает дополнительную обработку деталей различными консервационными составами, например, ингибированным водно-восковым составом (ИВВС), защитной водно-восковой дисперсией (ЗВВД), противокоррозионные свойства которых были исследованы Г.В. Григорьевым, Г.А. Агеевым, В.М. Михлиным, В.Н. Дашковым, В.Д. Прохоренковым, В.С. Павловым и другими» [49].

2.4 Выводы по главе 2

1. Определено, что увеличение межремонтного ресурса двигателей автомобилей в процессе ремонта возможно за счет совершенствования технологического процесса мойки деталей.

2. Установлено, что повышение качества очистки деталей при ремонте увеличивает межремонтный ресурс двигателя до 20-30%, производительность труда – до 8 %.

3. Увеличению межремонтного ресурса двигателей способствуют моющие и ингибиторные свойства раствора для мойки деталей.

4. Повышение коррозионной стойкости обмываемых в растворе СМС деталей происходит за счет формирования на их поверхности защитной пленки, что исключает консервационную обработку деталей в межоперационный период хранения.

5. Наиболее эффективным способом защиты деталей от коррозии при мойке является введение в раствор ингибиторной добавки.

ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

3.1 Устройство и методика использования лабораторной моечной установки

Изучение моющих свойств в лабораторных исследованиях растворов проводили с использованием установки, изготовленной аспирантами кафедры технической эксплуатации транспорта ФГБОУ ВО РГАТУ в условиях лаборатории мойки деталей по аналогии [55] (рисунок 3.1) и опытных образцов размерами $100 \times 30 \times 2$ (мм). Поверхности образцов с одной стороны были отшлифованы.

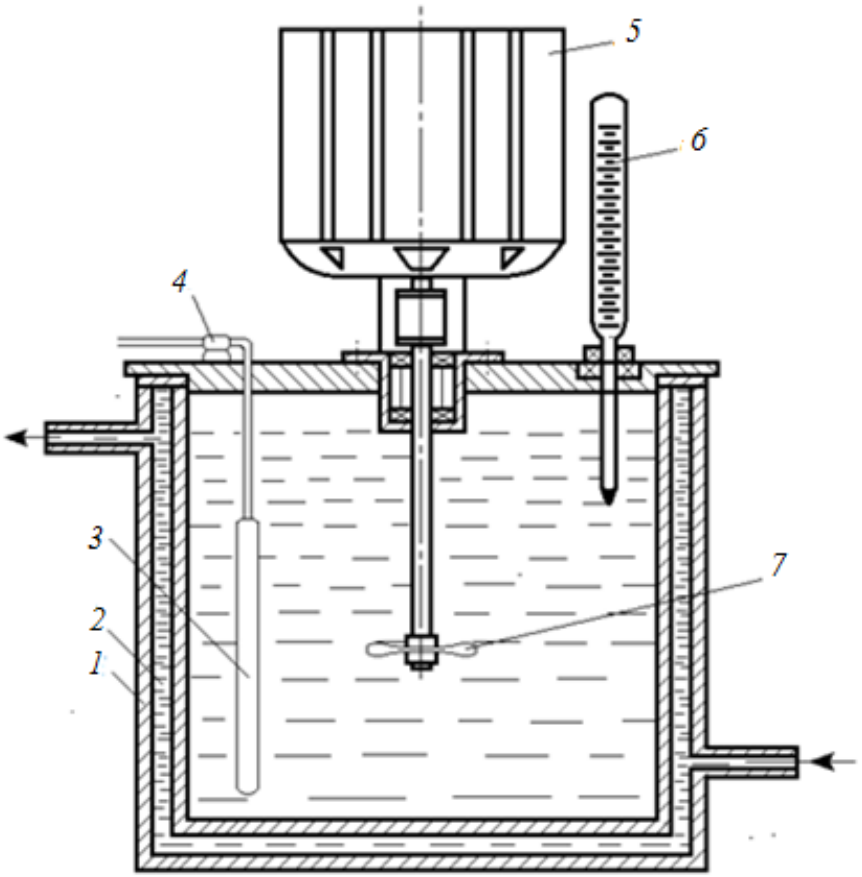


Рисунок 3.1 – Лабораторная моечная установка: *1* – двустенная термостатированная ванна; *2* – рубашка; *3* – образец; *4* – кронштейн; *5* –электродвигатель; *6* – термометр; *7* – пропеллерная мешалка

Устройство, принцип работы, методика подготовки установки к экспериментам и проведение экспериментов подробно описаны в [49 и 94].

Результаты опытов оформляли в виде таблицы 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты опытов

Моющий раствор	Концентрация СМС	Время мойки, мин	Температура раствора, °С	Масса образца, г		
				до мойки		после мойки
				без загрязнения	с модельным загрязнением	

Моющую способность исследуемых растворов, оцениваемую степенью очистки образцов, определяли по выражению 3.1, по результатам взвешивания образцов на весах ВЛА-200 г-М. Точность взвешиваний составляла 0,0001 г.

$$C = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\%, \qquad (3.1)$$

где M_1 – масса образца до мойки, г;

M_2 – масса образца после мойки, г.

«Смачивающая способность определялась последовательным погружением образцов в моющий раствор и в деминерализованную воду на 10 секунд. После выемки образцов из воды визуально фиксировалась продолжительность времени до нарушения сплошности водяной пленки на поверхности образца. 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» [94].

3.2 Методика подготовки образцов к лабораторным экспериментам

Образцы представляли из себя пластину из стали 45Х (рисунок 3.2), так как многие детали двигателей автомобилей УАЗ (например, двигателя ЗМЗ-

40905) изготовлены из стали 45Х (таблица 3.2). Образцы готовили, разрезая стальной лист, на гильотинных ножницах.

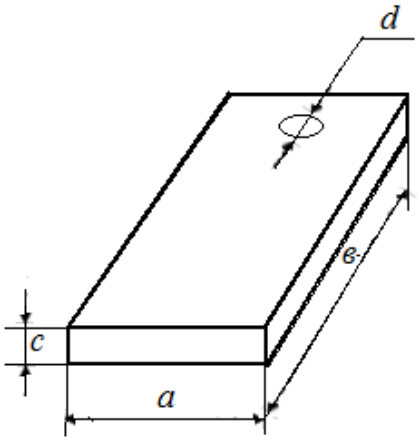


Рисунок 3.2 – Эскиз экспериментального образца: *а* – ширина, *в* – длина, *с* – толщина, *d* – диаметр отверстия для подвешивания в установке

«Характеристика стали 45Х (ГОСТ 4543-2016):

– химический состав, %: углерод C – 0,45; кремний Si – 0,17-0,37; марганец Mn – 0,5-0,8; никель Ni – до 0,3; сера S – до 0,035; фосфор P – до 0,035; хром Cr – 0,8-1,1; медь Cu – до 0,3; мышьяк As – до 0,08;

– классификация – сталь конструкционная среднеуглеродистая качественная легированная (хромистая);

– заменители – 40Х, 50Х, 45ХЦ, 40ХГТ, 40ХФ, 40Х2АФЕ;

– применение – для изготовления деталей, которые работают в условиях незначительных ударных нагрузок и к которым предъявляют требования по прочности, твердости, износостойкости, например, шатунов, болтов, шестерен, валов, осей и других.

– твердость после отжига – HB 10^{-1} = 229 МПа;

способы сварки – ручная дуговая, контактно-точечная сварка» [94].

В маркировке стали 45Х слово «сталь» означает, что сплав относится к качественным, число «45»указывает на процент содержания углерода в сотых долях (0.45%), буква «Х» – легированная (хромистая).

Таблица 3.2 – Материалы некоторых деталей двигателя ЗМЗ-40905

№№ п/п	Наименование детали	Материал детали	Источник информации
1.	Коленчатый вал	Высокопрочный чугун ВЧ-60-2 НВ-197-269 или сталь 45, 45Х, 40Х, 20Г2 и 50Г	http://maestria.ru/shatunnyie-gruppyi-i-kolenchatyi-val/materialyi-dlya-shatunov.html
2.	Распределительный вал	Малоуглеродистые стали 15Х, 20Х, 15Н2М, 12ХН3А и среднеуглеродистые стали 40, 45, 45Х или высокопрочный чугун марки ЧВГ30	http://maestria.ru/mehanizm-gazoraspredeleniya
3.	Клапанные пружины	Углеродистая и легированная сталь марок 30ХМА, 35ХМ, 40Х, 45Х	http://maestria.ru/mehanizm-gazoraspredeleniya
4.	Шатуны	Углеродистая или легированная сталь марок 30ХМА, 35ХМ, 40Х, 45Х	http://maestria.ru/shatunnyie-gruppyi-i-kolenchatyiy-val/-materialyi-dlya-shatunov.html
5.	Зубчатые колеса	Углеродистая сталь марок 35, 40, 50, 50Г и легированная сталь 45Х	http://maestria.ru/materialyi-dlya-zubchatich koles.html
6.	Поршневые пальцы	Сталь 45Х	http://maestria.ru/shatunnyie-gruppyi-i-kolenchatyiy-val/materialyi-dlya-shatunov.html
7.	Шпильки ГБЦ	Сталь 45Х	http://maestria.ru/korpus-dvigatelya/materialyi-golovki-tsilindrov.html

Методики подготовки образцов к опытам, определения относительной погрешности измерений их габаритных размеров и взвешиваний, нанесения загрязнений на шлифованную поверхность образцов, проведения самого опыта, высушивания образцов после выемки из установки, определения ингибиторных свойств растворов подробно приводятся в [94].

Потери металла по причине коррозии (в г/м^2·год) рассчитывали по выражению 2.7 (стр. 44-45), которое с учетом выражения 3.2 для расчета площади образцов принимает вид выражения 2.8 (стр. 45).

Площадь образцов определяется по формуле:

$$S = 2[(a + b)b + ac] - \frac{\pi d^2}{2} + \pi dc. \qquad (3.2)$$

где*a*, *b*, *c*– габаритные размеры образца, см;

d – диаметр отверстия для подвешивания образца, см.

Опыты проводились продолжительностью 45 часов при комнатной температуре без термостатирования с использованием химических стаканов емкостью 800 мл, объем электролита в которых составлял 700 мл.

Результаты опытов оформляли в виде таблицы 3.3.

Для расчета потерь металла по причине коррозии в нашей работе разработана компьютерная программа (Приложение АII).

Таблица 3.3 – Форма записи результатов опытов

№ № образцов	Размеры образцов, мм			Площадь поверхности, (S), см^2	Масса образца, г			Потеря массы, (K), г/м^2·год
	ширина (a)	длина (b)	толщина (c)		до опыта		после опыта	
					без покрытия (M_0)	с покрытием (M_1)	с покрытием (M_2)	
01								
02								
…								
n								

3.3 Определение числа параллельных опытов

Число параллельных опытов рассчитывали по методике, описанной в [5,16], используя результаты предварительных экспериментов(таблица 3.4), «по формуле:

$$N = \frac{t^2 v^2}{\varepsilon^2}, \tag{3.3}$$

где t – нормированное отклонение результатов (при нормальном законе распределения и надежности экспериментов p = 0,05 и t = 1,96);

v – коэффициент вариации, рассчитанный по результатам предварительных экспериментов или аналогических исследований, описанных в научных отчетах;

ε –принятая относительная ошибка экспериментов, задается экспериментатором на уровне 1, 3, 5, 7, 10%» [93].

Для проведения предварительных экспериментов число параллельных опытов по таблице случайных чисел оказалось 11.

Таблица 3.4 – Результаты предварительных экспериментов

№№ образцов	Масса чистого образца, г	Масса образца с загрязнением, г	Масса загрязнения, г
1	47,2872	50,4782	3,1910
2	46,8795	49,9877	3,1082
3	47,3325	49,2543	1,9218
4	46,9471	49,6842	2,7371
5	47,3478	50,0752	2,7274
6	46,7954	49,8648	3,0694
7	47,1332	50,2588	3,1256
8	46,8177	49,6742	2,8565
9	46,8255	49,5899	2,7644
10	46,9985	49,8856	2,8871
11	47,2587	50,1352	2,8765
		Сумма:	31,2650

С помощью τ-критерия проверили и определили, что все члены (в том числе крайние) принадлежат совокупности (столбец «Масса загрязнений, г»).

Результаты вспомогательных расчетов сведены в таблицу 3.5, используя которые, определен коэффициент вариации:v = 3,41 %.

Таблица 3.5 – Результаты вспомогательных расчетов

№ п/п	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	2	3	4
1	3,1910	0,3487	0,121592
2	3,1082	0,2659	0,070703

Продолжение таблицы 3.5

1	2	3	4
3	1,9218	-0,9205	0,84732
4	2,7371	-0,1052	0,011067
5	2,7274	-0,1149	0,013202
6	3,0694	0,2271	0,051574
7	3,1256	0,2833	0,080259
8	2,8565	0,0142	0,000202
9	2,7644	-0,0779	0,006068
10	2,8871	0,0448	0,002007
11	2,8765	0,0342	0,00117
Сумма:	31,2650		1,205164

Количество повторных опытов при ε = 3% будет:

$$N = \frac{t^2 v^2}{\varepsilon^2} = \frac{1{,}96^2 \cdot 3{,}41^2}{3^2} = 4{,}96.$$

Количество повторных опытов принимаем N = 5.

3.4 Методика изучения пентабората аммония в качестве активизирующей добавки в раствор «Темп-100»

«В связи с тем, что способов оценки эффективности соединений бора в качестве добавки для улучшения моющих и ингибиторных свойств раствора«Темп-100» нет, оценку проводили по результатам экспериментальных исследований» [49].

Нами проведены эксперименты по исследованию моющих и ингибиторных свойств 7%-го раствора «Темп-100» с добавкой ПБА. Данные по моющим и ингибиторным свойствам «7%-го раствора «Темп-100» без добавки, рациональной продолжительности мойки (5 минут) и температуре моющего раствора (85-90ºС)» [16] заимствованы из работы [49].

Ингибиторные свойства 7%-го раствора «Темп-100» с добавкой ПБА в лабораторных условиях изучали гравиметрическим, электрохимическим

методами и коррозионно-усталостными испытаниями.

Эксперименты проводились в соответствии с ГОСТ Р 9.905-2007 и соблюдением требований программы исследований.

«В экспериментах(определялись) фиксировались следующие показатели:

– степень очистки образцов, %;

– скорость коррозии, г/м^2·час;

– продолжительность времени до появления первых очагов коррозии на образцах, суток» [49].

«Ингибиторные свойства исследуемой добавки оценивали по следующим критериям [10, 12, 59, 61, 108]:

– скорость коррозии, г/м^2·час, определяемая по выражению 2.8 (стр. 45):

– степень защиты(характеризует полноту подавления коррозии), %:

$$Z = \frac{\rho_o - \rho}{\rho} \cdot 100\%; \quad (3.4)$$

– ингибиторный эффект, (показывает, во сколько раз ПБА замедляет скорость коррозии):

$$\gamma = \frac{\rho_o}{\rho}, \quad (3.5)$$

где ρ и ρ_o– скорость коррозии в присутствии ингибитора и без него соответственно» [49].

Контрольную среду создавали, используя раствор NaCl концентрацией 3%.

«Ингибиторные свойства ПБА в производственных условиях оценивали по продолжительности времени до появления на поверхности вымытых образцов первых очагов коррозии в условиях атмосферы участка ТО и ремонта. Проверку проводили визуально с помощью увеличительной лупы один раз в сутки» [49].

3.5 Методика исследования коррозии образцов электрохимическим методом

Методика исследования коррозии образцов электрохимическим методом

подробно приведена в работе [94].

«Одним из наиболее важных факторов, влияющих на результаты электрохимических исследований коррозионных процессов, является характер подготовки поверхности металла и степень ее однородности. Образцы шлифовали с помощью наждачной бумаги, последовательно переходя от более грубых сортов к более тонким. Полирование проводили на сукне до полного удаления рисок. Во время полирования на полировочный материал непрерывно наносили суспензию воды с измельченными абразивными материалами (Al_2O_3).

После промывки в воде образцы обезжиривали ацетоном, используя фильтровальную бумагу. Затем ополаскивали в дистиллированной воде.

Перед взвешиванием образцы высушивались с помощью фильтровальной бумаги ив течение суток выдерживались в эксикаторе над безводным хлоридом кальция. Одновременно исследования проводили на 5 образцах. Необходимый уровень коррозионного раствора поддерживалась в течение всего эксперимента.

Расчет минимального объема коррозионного раствора производили из условия 20-40 мл на 1 $см^2$ поверхности образца. Экспериментальный образец погружали в раствор на глубину не менее 2 см от поверхности раствора.

При проведении испытаний образцы подвешивали на стеклянных крючках. Продолжительность испытаний определялась программой исследований» [94].

«При коррозионно-электрохимических исследованиях важно знать установившийся (стационарный) во времени потенциал, т.к. он характеризует процессы коррозии в течение длительного времени. Эти значения потенциала дают возможность оценки характера катодных реакций, в частности, установить вероятность протекания процессов кислородной или водородной деполяризации. Также большой интерес представляют изменения потенциала в начале эксперимента, ибо в основном они характеризуют процесс образования на поверхности металла защитных пленок» [94].

Но наиболее ценными являются данные измерения потенциала во времени. Измерения проводили с перемешиванием раствора по схеме,

приведенной на рисунок 3.3.

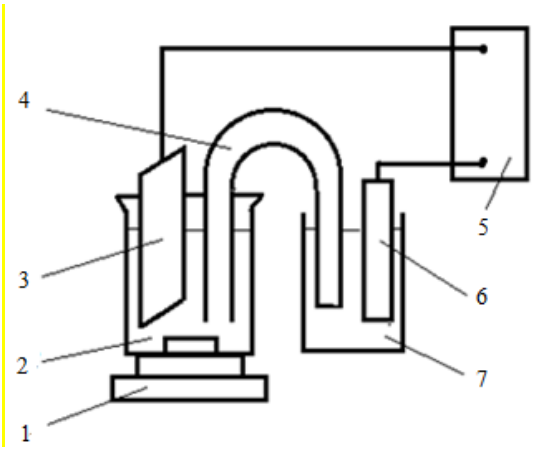


Рисунок 3.3 – Схема установки для измерения потенциалов: 1 – магнитная мешалка; 2 – стакан; 3 – образец; 4 – электролитический ключ; 5 – высокоомный вольтметр потенциостата П-5848; 6 – хлорсеребряный электрод; 7 – промежуточный стакан с исследуемым раствором

Для исследования коррозии образцов электрохимическим методом пользовались потенциостатом П-5848, схема подключения которого показана на рисунке 3.4.

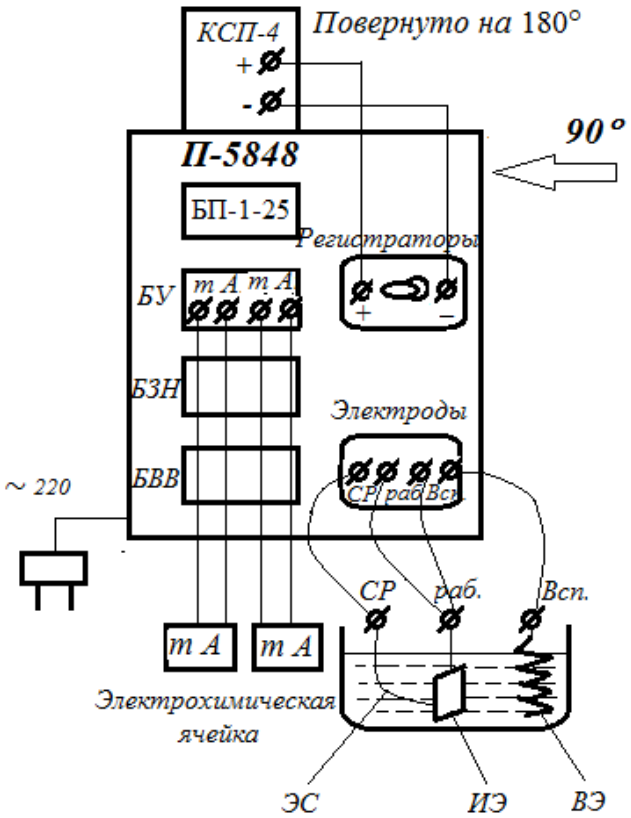


Рисунок 3.4 – Схема подключения потенциостата П-5848

Полученные в ходе эксперимента результаты представлены графически в координатах «*E* – *i*» (потенциал – плотность тока) в главе 4.

3.6 Методика исследования влияния добавки в моющий раствор на коррозионно-усталостную прочность образцов

Исследования влияния добавки в моющий раствор на коррозионно-усталостную прочность образцов проводили по методике, приведенной в [94].

«Одним из методов защиты металлов от коррозионной усталости является ингибирование коррозионной среды» [10, 11, 12, 13,54, 85,87,90, 94].

«Критерием для количественного выражения коррозии металлов при одновременном действии циклических напряжений принято считать коэффициент запаса циклической прочности на выбранной базе испытаний ($\Delta\sigma_N^{К}$) и циклическую долговечность при заданном напряжении (N – число циклов до разрушения) конструкционных материалов в коррозионных средах» [94].

В образцах создавали циклические напряжения, изгибая их симметрично частотой 500 цикл/мин на специальной установке. Установка для коррозионно-усталостных испытаний изготовлена аспирантами кафедры технической эксплуатации транспорта ФГБОУ ВО РГАТУ в условиях лаборатории мойки деталей по аналогии [55, 63,94] (рисунок 3.5).

Устройство, принцип работы, методика использования установки приведены в работе [94].

Внутреннее напряжение образца рассчитывали по формуле [63]:

(3.6)

$$\sigma = \pm \frac{3\,Ehf}{2\,l^2},$$

где E – модуль упругости испытуемого материала;

h – толщина образца, мм;

f – стрела прогиба образца (амплитуда колебания), мм;

l – рабочая длина образца, мм.

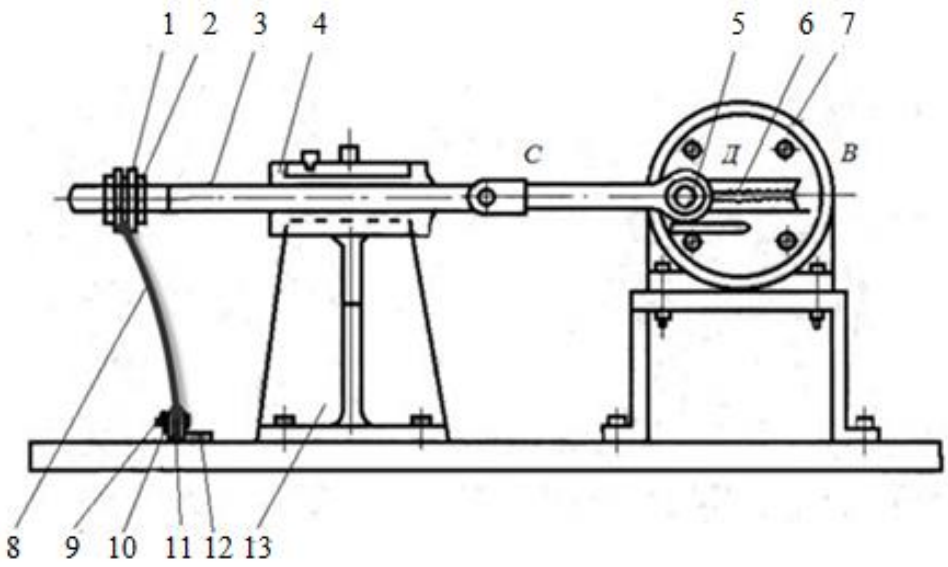


Рисунок 3.5 – Схема установки для испытания образцов на коррозионную усталость: 1 – резиновая прокладка; 2 – кольцо; 3 – ползун; 4 – втулка; 5 – винт; 6 – измерительная шкала; 7 – маховик; 8 – испытуемый образец; 9 – болт; 10 – гайка; 11 – планка; 12 – угольник; 13 – стойка

Методика подготовки образцов к испытаниям также приведена в работе[94].

«Для изучения эффективности действия ингибиторов на коррозионно-усталостную прочность металлов необходимо снять кривые длительной циклической прочности металла (рисунок 3.6) в коррозионно-инертной среде (кривая 1), в коррозионной среде без ингибитора (кривая 2) и в присутствии ингибитора (кривая 3), в коррозионно-инертной среде после выдержки в коррозионной среде без ингибитора (кривая 4), в коррозионно-инертной среде после выдержки в коррозионной среде с ингибитором (кривая 5).

На основании экспериментальных данных вычисляли значения $\sigma_N^{К}$ – напряжения, при которых образцы разрушаются в коррозионной среде при базовом числе циклов Nдо разрушения испытуемых в различных средах.

Сравнивая значения$\sigma_N^{К}$ и N в коррозионной среде с ингибитором и без него, определяли эффективность действия ингибитора на коррозионно-усталостную прочность образца» [94].

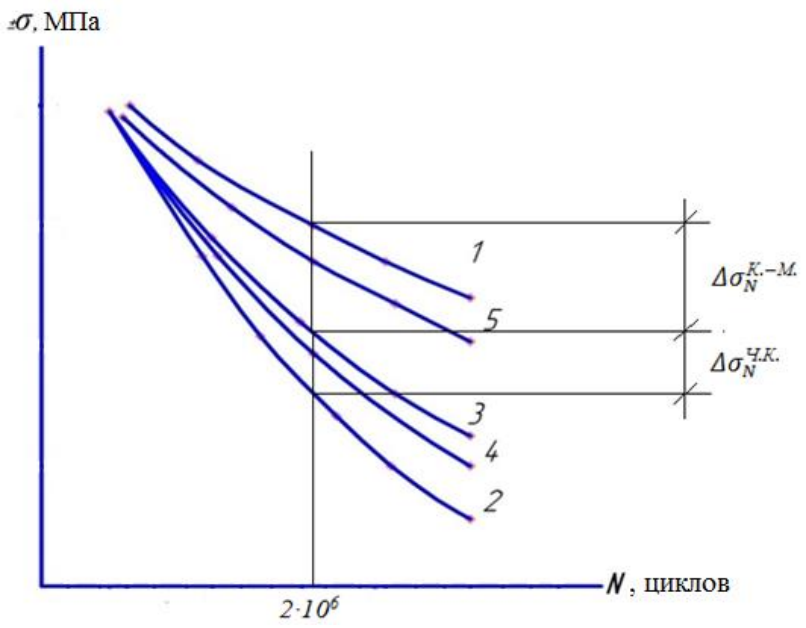


Рисунок 3.6 – Кривые длительной циклической прочности металла

«На снижение циклической прочности металла влияют коррозионные и коррозионно-механические разрушения, которое на базе *N*определяется по формуле» [94]:

$$\Delta\sigma_N^{С.К.} = \Delta\sigma_N^{Ч.К.} + \Delta\sigma_N^{К.-М.},$$

где $\Delta\sigma_N^{С.К.}$– суммарное снижение циклической прочности в коррозионной среде; $\Delta\sigma_N^{Ч.К.}$ – снижение циклической прочности чисто коррозионными поражениями; $\Delta\sigma_N^{К.-М.}$– снижение циклической прочности коррозионно-механическими поражениями.

3.7 Выводы по главе 3

1. Для исследования моющих и противокоррозионных свойств раствора в лабораторных условиях применяли установки, изготовленные аспирантами кафедры технической эксплуатации транспорта ФГБОУ ВО РГАТУ в условиях лаборатории мойки деталей.

2. Определено количество параллельных опытов для получения одной точки экспериментов – 5.

3. Обоснован выбор материала экспериментальных образцов стали 45Х на основе изучения материалов деталей двигателя ЗМЗ-40905, который устанавливается на автомобили УАЗ.

4. Описана методика проведения всего комплекса лабораторных экспериментов по улучшению моющих и ингибиторных свойств 7%-го раствора «Темп-100» введением ПБА концентрацией 5 г/л.

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Улучшение моющих свойств раствора «Темп-100»

В работах [16, 49, 71, 72, 74] изучен процесс мойки деталей при ремонте агрегатов автотракторной техники с использованием растворов СМС «Темп-100» и растворов СМС «Темп-100» с улучшенными моющими и ингибиторными свойствами путем добавки в раствор тетрабората аммония (ТБА) [68]. В указанных работах экспериментально получены рациональные значения концентраций СМС «Темп-100»и добавки ТБА в водном растворе 7% и 0,05% (5 г/л) соответственно, продолжительности мойки (5 минут) и температуры раствора (85-90ºС). В связи с этим в своих исследованиях мы воспользовались рациональными значениями параметров процесса мойки деталей, рекомендованными в этих работах, а также в работе [94].

«Априорная информация показывает [18, 52, 82, 98], что бороглюконаты, бораты щелочных металлов, бораты аммония и другие боратные комплексы обладают моющими свойствами в водных средах, поэтому в настоящей работе мы исследовали ПБА в качестве специальной добавки для улучшения моющих свойств растворов СМС «Темп-100»[49].

Условия наших экспериментов были идентичными с экспериментами в работах [49 и 94]. В качестве активизирующей добавки нами в экспериментах был использован ПБА концентрацией 1; 2; 3; 4; 5; 6 г/л, в качестве искусственного загрязнения – смесь картерной смазки и отложений в роторе центрифуги системы смазки дизелей в соотношении по массе 2:1.

Зависимость степени очистки образцов от концентрации ПБА в 7%-м растворе «Темп-100» приведена в Приложении А (таблица А.1) и рисунке 4.1.

«В ходе статистической обработки результатов исследований, включающей три этапа, оценена корреляционная зависимость интересующих параметров, а также проведен регрессионный анализ результатов исследований» [5, 49, 93].

Первый этап: проверка принадлежности резко отличающихся выходов генеральной совокупности по критерию Стьюдента τ (тау).

При концентрации ПБА 1% в растворе «Темп-100». Выходы (степень очистки):

85,33; 84,81; 86,69; 85,96; 87,26%.

Проранжировали:

84,81; 85,33; 85,96; 86,69; 87,26%.

«Левый член»[94]:

$$\tau_{лев} = \frac{y_2 - y_1}{y_5 - y_1} = \frac{85{,}33 - 84{,}81}{87{,}26 - 84{,}81} = \frac{0{,}52}{2{,}45} = 0{,}21 < \tau_{табл.} = 0{,}807;$$

«Правый член»[94]:

$$\tau_{прав} = \frac{y_5 - y_4}{y_5 - y_1} = \frac{87{,}26 - 86{,}69}{87{,}26 - 84{,}81} = \frac{0{,}57}{2{,}45} = 0{,}23 < \tau_{табл.} = 0{,}807.$$

«Крайние члены принадлежат ряду, так как»[94]:

$$\tau_{лев} = 0{,}21 < \tau_{табл.} = 0{,}807;$$

$$\tau_{прав} = 0{,}23 < \tau_{табл.} = 0{,}807.$$

«Определим среднее значение ряда $\bar{y}$, дисперсию S^2, среднеквадратическое отклонение S и коэффициент вариации ϑ» [16].

В таблице 4.1 показаны предварительные расчеты.

Таблица 4.1 – Подготовительные расчеты

Выходные значения, y_i	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$
85,33	-0,68	0,4624
84,81	-1,20	1,44
86,69	0,68	0,4624
85,96	-0,05	0,0025
87,26	1,25	1,5625
∑430,05		∑3,9298

– среднее значение:

$$\bar{y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i = \frac{1}{5} \cdot 430{,}05 = 86{,}01\%;$$

– дисперсия:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}{n-1} = \frac{3,9298}{5-1} = 0,9825;$$

– стандартное отклонение:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = \sqrt{0,9825} = 0,99;$$

– коэффициент вариации:

$$\vartheta = \frac{S}{\bar{y}} \cdot 100\% = \frac{0,99}{86,01} \cdot 100\% = 1,15\%;$$

ϑ = 1,15% < 33%, следовательно,«совокупность подчиняется закону нормального распределения» [93].

Для концентраций ПБА 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; и 6,0% в 7%-м растворе «Темп-100» проведены аналогичные расчеты. Результаты отражены в Приложении А (таблица А.2).

Второй этап: «определяли вид связи между степенью очистки(*y)* и концентрацией ПБА в 7%-м растворе «Темп-100» (*x*)» [49].

С помощью результатов вспомогательных расчетов(Приложение А, таблица А.3),«определили коэффициент корреляции *r*» [93]:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}} = \frac{41,9}{\sqrt{17,485 \cdot 106,29}} = 0,972;$$

r= 0,972, следовательно, «проявляется очень сильная зависимость степени очистки от концентрации ПБА в 7%-м растворе «Темп-100»» [94].

Третий этап: регрессионный анализ.

Рисунок 4.1 доказывает, «что концентрация ПБА 5 г/л в 7%-м растворе «Темп-100» является рациональной» [49], так как при увеличении концентрации ПБА до 5 г/л степень очистки образцов повышается интенсивно до 97,28%, затем при дальнейшем увеличении концентрации ПБА до 6 г/л степень очистки образцов повышается незначительно (на 0,4%). Следовательно, концентрация ПБА5 г/л в 7%-м растворе «Темп-100» будет рациональной.

Без присутствия ПБА в 7%-м растворе «Темп-100» степень очистки имеет значение 83,35%[49].

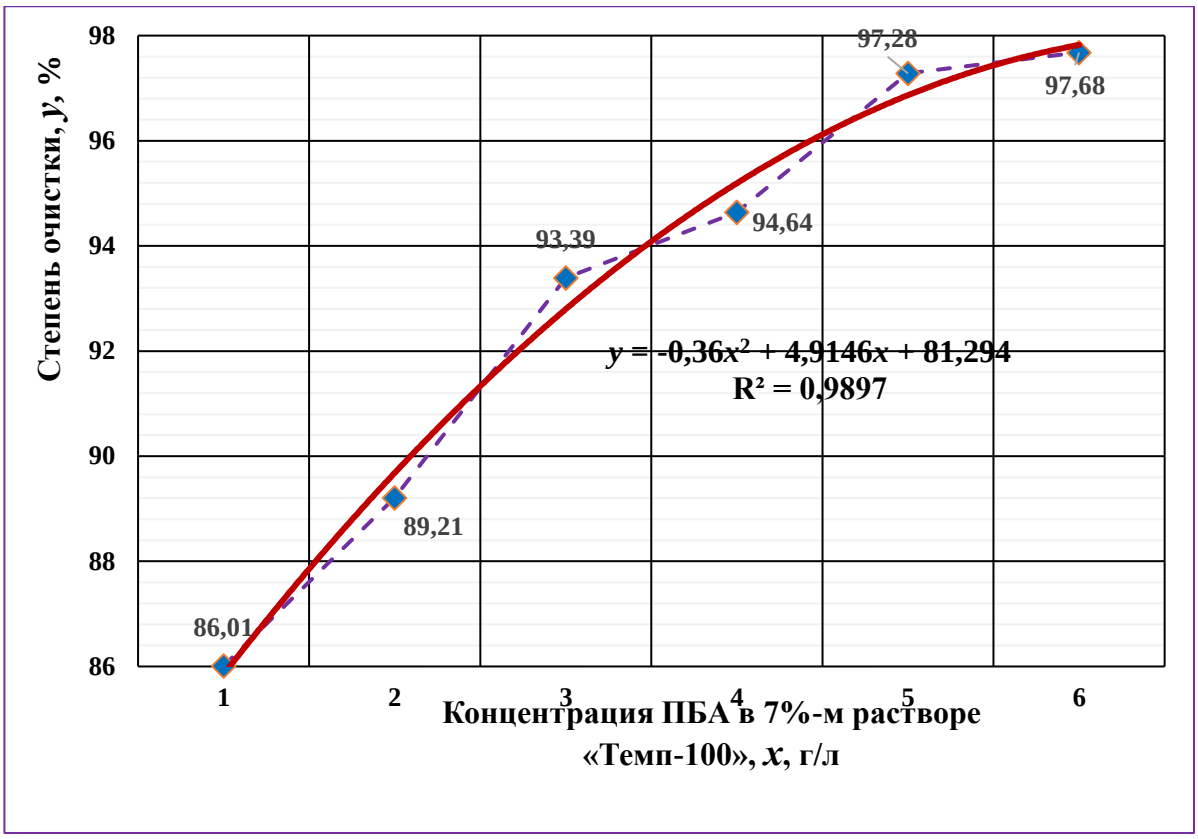


Рисунок 4.1 – Влияние концентрации ПБА в 7%-м растворе «Темп-100» на степень очистки образцов при температуре раствора 85-90°С и продолжительности мойки 5 мин

«Значение коэффициента достоверности (R^2 = 0,9944) позволяет определить полиномиальный характер влияния концентрации ПБА в 7%-м водном растворе «Темп-100» на степень очистки образцов» [49].

Из условия 97,28%-й очистки деталей рациональная концентрация ПБА в 7%-м растворе «Темп-100»составит:

$$y = -0{,}36x^2 + 4{,}9146x + 81{,}294;$$

$$97{,}28 = -0{,}36x^2 + 4{,}9146x + 81{,}294;$$

$$x_{рац.} = 4{,}78\% \approx 5{,}0\%.$$

Значения рациональной концентрации ПБА, полученные экспериментальным и расчетным путями, «в 7%-м водном растворе «Темп-100» коррелируют друг с другом, расхождение составляет 0,22 %, что в пределах допустимого, следовательно, подтверждается правильность ее определения» [49].

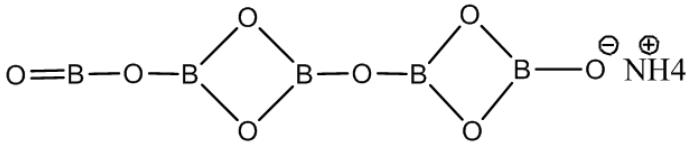
4.2 Гравиметрические исследования ингибиторных свойств добавки в растворе «Темп-100»

«В работах [89, 94, 98] приводится, что бораты щелочных металлов и аммония являются хорошими, экологически менее вредными ингибиторами в различных средах. Однако их ингибиторные свойства изучены недостаточно»[49].

«Как известно, бор легкодоступный, нетоксичный химический элемент, встречается в природных объектах как микроэлемент, поэтому его соединения могут быть использованы в качестве добавок в растворы СМС для повышения их моющих и противокоррозионных свойств. В связи с этим получение нетоксичных, недорогих и эффективных ингибиторов коррозии металлов на основе соединений бора является актуальной»[68], поэтому «в качестве добавки, активизирующей ингибиторные свойства раствора«Темп-100», мы предлагаем полученное из недефицитного сырья соединение» [49] ПБА.

«Пентаборат аммония$(NH_4)_2B_5O_8 \cdot 4H_2O$, квалификация «Ч», ТУ 6-09-2654-78» [94], тип вещества: неорганическое, молекулярная масса (в а.е.м.): 288,149. По внешнему виду представляет из себя бесцветные ромбические кристаллы, при 87ºС обезвоживается, температура разложения $t_{разл.}$= 100ºС, растворяется в воде (7,03% при 18ºС). «Получают взаимодействием растворов борной кислоты и аммиака. Является компонентом ингибиторов коррозии, удобрений» [49].

«ПБА имеет следующую структурную схему [109]:



Пентаборат аммония, бесцветные кристаллы, молекулярная масса 199,0 г/моль.

Производитель и поставщик: Alfa Aesar – лидер в сфере производства химических реактивов, работает на рынке России более 50 лет» [94].

В сводной таблице 4.2 «представлены результаты анализа концентраций различных ингибиторов коррозии черных металлов в нейтральных средах, приведенные в [3, 16, 94], которые показывают, что концентрации большинства

ингибиторов коррозии черных металлов в нейтральных средах, в том числе и боратов, составляет от 0,01 до 0,54% в коррозионной среде» [49].

Таблица 4.2 – Концентрации и степень защиты различных ингибиторов коррозии черных металлов в нейтральных средах

№№ п/п	Наименование ингибитора	Концентрация ингибитора, %	Степень защиты, %
1	Гидразин N_2H_4	0,01-0,25	52,4-69,3
2	Натрий мышьяковистокислый Na_3AsO_3	0,02	99,2
3	Фосфорная кислота (орто) H_3PO_4	0,001-3	88,2
4	Метиламмонийкремнефтористоводородный $(CH_3NH_2)_2 \cdot H_2SiF_6$	0,01-0,5	80-90
5	Этилендиамин (1,2 -этондиамин) $NH_2C_2H_4NH_2$	0,04	74
6	Этиленгликоль + олеиновая кислота	0,15-0,20	75-80
7	О-фталевая кислота	0,54	80-90
8	Натрий итаконовокислый	0,01-0,05	90
9	Натрий кори чнокислый, гидро - $NaOOCCH_2CH_2C_6H_5$	0,1-0,15	100
10	Натрий лимонокислый	0,01-0,02	100
11	Моноборат лития	0,05	96,7
12	Моноборат натрия	0,05	97,2
13	Моноборат калия	0,05	97,9
14	Тетраборат аммония	0,05	

Методики изучения ингибиторных свойств добавки в условиях лаборатории и производства освещены в [49, 94].

Нами изучено влияние ПБА «на скорость коррозии, ингибиторный эффект, степень защиты стали 45Х за 30 суток в 3%-м растворе NaCl в присутствии «Темп-100» концентрацией 7%» [49]. Результаты приведены в Приложении А (таблица А.4), таблице 4.3, на рисунках 4.2-4.4.

Таблица 4.3 – Изменение скорости коррозии (*K*), ингибиторного эффекта (*γ*) и степени защиты (*Z*) стали 45Х за 30 с уток в зависимости от состава коррозионной среды

Коррозионная среда	Концентрация ПБА в коррозионной среде, г/л	*K*, г/м^2·ч·10^{-3}	γ	Z, %
3%-й раствор NaCl (контроль)	0	30,32	1,0	0
3%-й раствор NaCl + + 7%-й раствор «Темп-100»	0	23,02	1,32	31,7
3%-й раствор NaCl + + 7%-й раствор «Темп-100» + + ПБА	1	19,95	1,52	34,2
	2	17,65	1,72	41,8
	3	16,12	1,88	46,8
	4	14,55	2,08	52,0
	5	13,57	2,23	55,24
	6	13,82	1,93	54,4

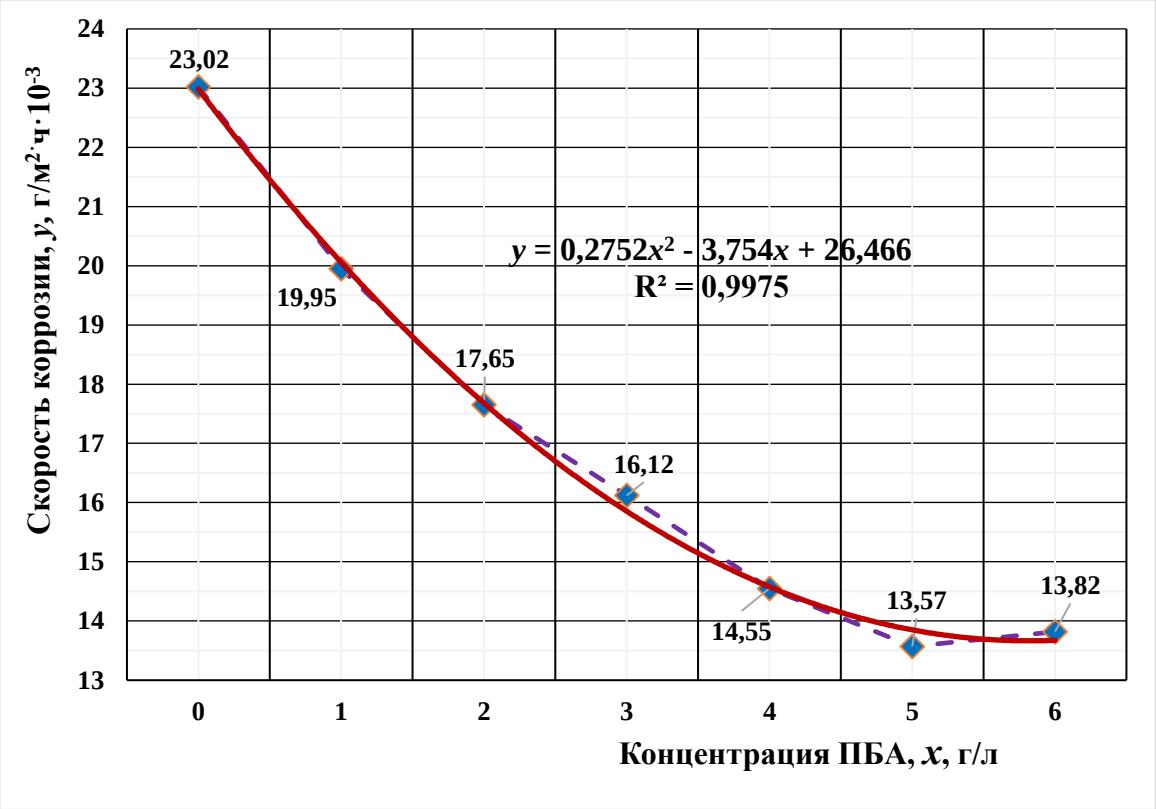


Рисунок 4.2 – Влияние концентрации ПБА на скорость коррозии стали 45Х в 3%-м растворе NaCl в присутствии «Темп-100» концентрацией 7% за 30 суток

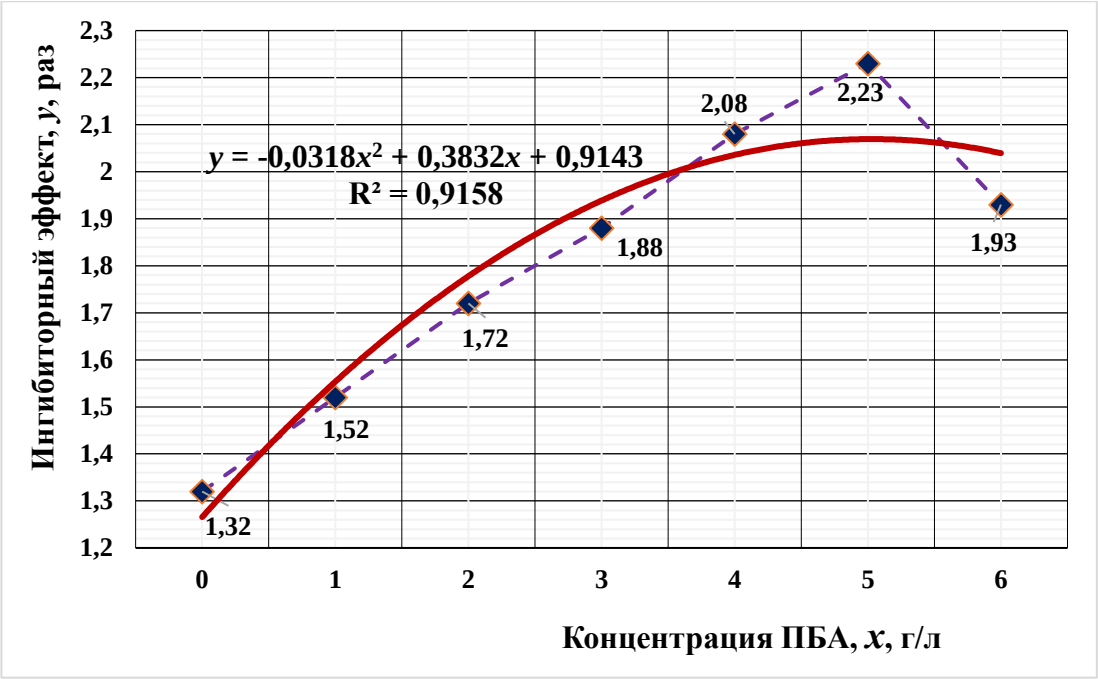


Рисунок 4.3 – Влияние концентрации ПБА на ингибиторный эффект ($\gamma_{ср.}$) в 3%-м растворе NaCl в присутствии «Темп-100» концентрацией 7% за 30 суток

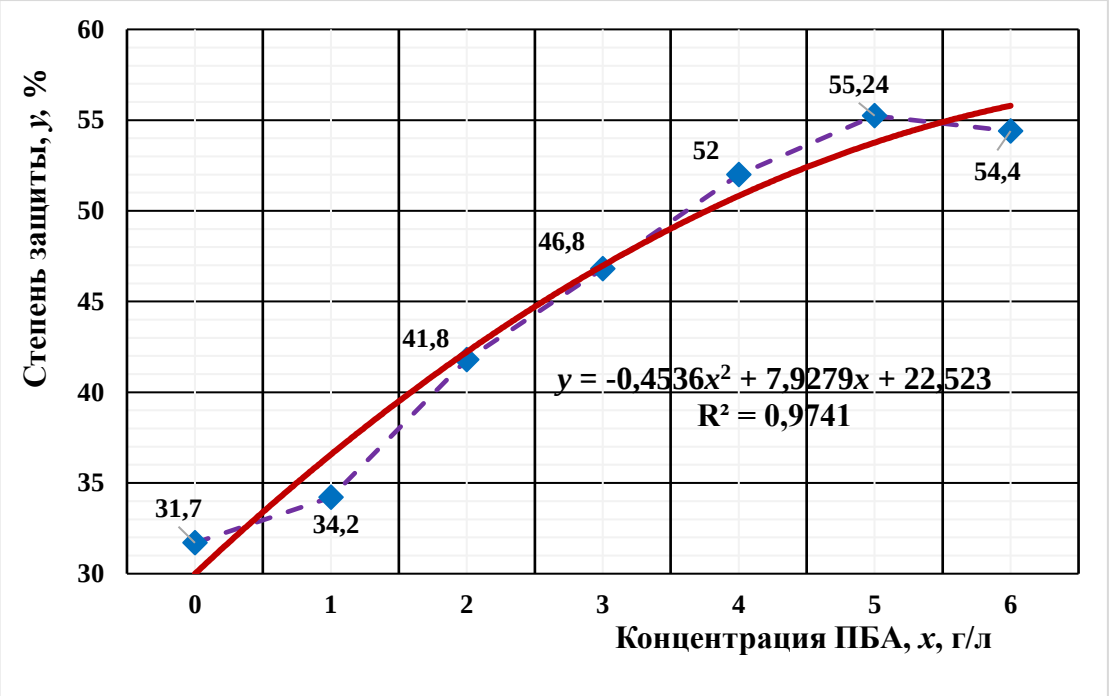


Рисунок 4.4 – Влияние концентрации ПБА на степень защиты стали 45Х в 3%-м растворе NaCl в присутствии «Темп-100» концентрацией 7% за 30 суток

По данным рисунков 4.2-4.4 можно сделать вывод, что добавка ПБА концентрацией 5 г/л в 7%-й раствор «Темп-100» повышает коррозионную стойкость стали 45Х в 3%-м растворе NaCl.

При этом повышение концентрации ПБА свыше 5г/л способствует ухудшению всех трех показателей, характеризующих ингибиторные свойства ПБА. Такое явление подтверждает, что такая концентрация ПБА является рациональной в 7%-м растворе «Темп-100».

Результаты наших исследований коррелируют с данными таблицы 4.2. Исходя из этого, концентрацию ПБА в качестве ингибитора коррозии в 7%-м растворе «Темп-100»принимаем на уровне (5 г/л) 0,05%.

4.3 Электрохимические исследования ингибиторных свойств добавки в растворе «Темп-100»

Результаты изучений ингибиторных свойств ПБА по плотности анодного тока в растворе «Темп-100»приведены в таблице 4.5 и рисунке 4.5, а методика проведения электрохимических исследований – в главе 3.

«Для потенциодинамического измерения плотности анодного тока воспользовались потенциостатом П-5848, в качестве электрода сравнения – хлорсеребряным электродом (хсэ)» [49].

Таблица 4.5 – Влияние ПБА в 7%-м растворе «Темп-100» на изменение плотности анодного тока при различных значениях потенциала стали 45Х

Концентрация ПБА в 7%-м растворе «Темп-100», г/л	Плотность анодного тока (i_a), мкА/см^2, в пассивной области при различных значениях потенциала стали (Е, В по х.с.э.)				
	Е = 0,0В	Е = 0,2В	Е = 0,4В	Е = 0,6В	Е = 0,6В
0	4,0	4,4	4,7	4,8	4,8
5	2,3	2,6	2,9	3,1	3,1

По данным таблицы 4.5 и рисунка 4.5 можно судить, что введение 5 г/л ПБА в 7%-й раствор «Темп-100» снижает плотности анодного тока, следовательно, снижает и скорость коррозионного разрушения стали 45Х, повышая ингибиторные свойства раствора «Темп-100».

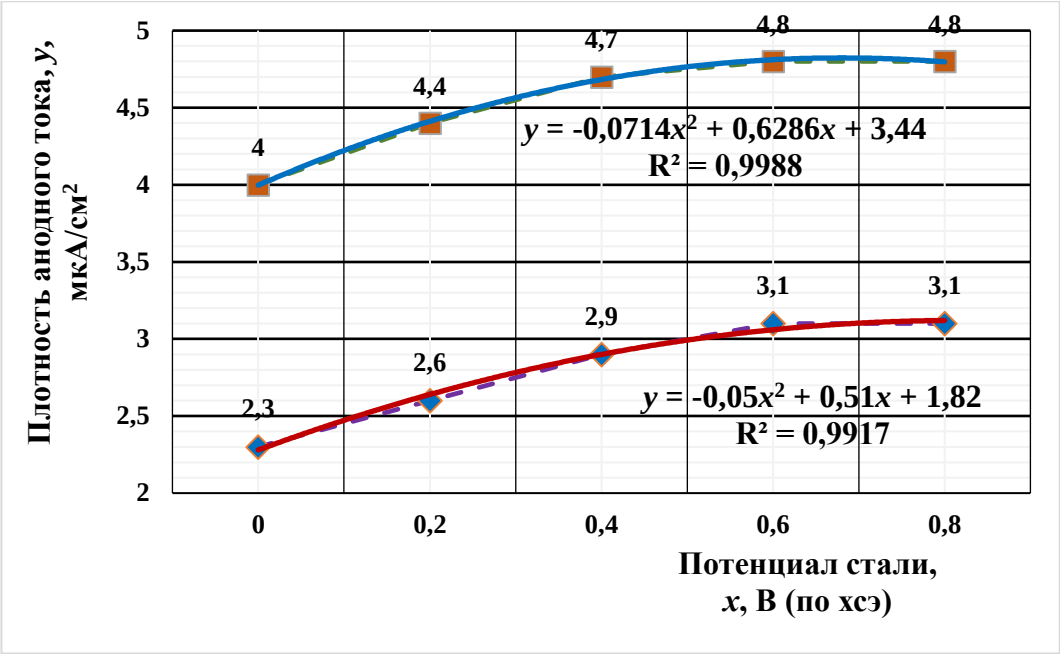


Рисунок 4.5 – Влияние концентрации ПБА в 7%-м растворе «Темп-100» на плотность анодного тока: – концентрация ПБА 0 г/л; – концентрация ПБА 5 г/л

Ингибиторные свойства ПБА также изучены снятием «потенциодинамических поляризационных кривых стали» [49] 45Х (рисунок 4.6).

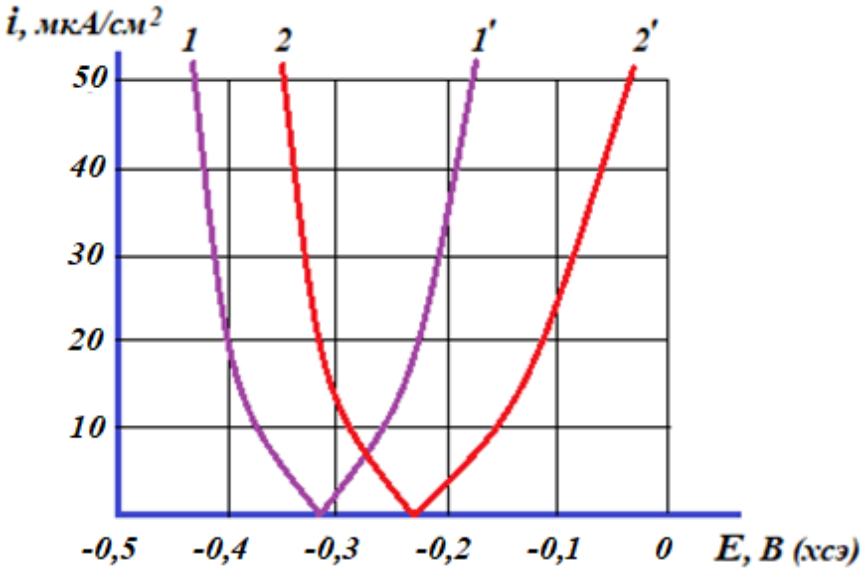


Рисунок 4.6 – Анодные и катодные потенциодинамические поляризационные кривые стали 45Х в 7%-м растворе «Темп-100»: без добавки ПБА – 1-1'; с добавкой ПБА – 2-2'

Данные рисунка 4.6 показывают, что ПБА смещает потенциал начала

корродирования стали (кривая 2-2′) на 0,8В в положительную зону относительно потенциала коррозии (кривая 1-1′). ПБА формирует на поверхности вымытых деталей оксидную пленку, чем объясняется пассивация стали 45Х.

4.4 Исследование влияния добавки на коррозионно-усталостную прочность стали в растворе «Темп-100»

«Имеются сведения [63, 87, 90,], что снижение циклической прочности стали в первую очередь зависит от коррозионных и коррозионно-механических поражений. Добавление ингибитора уменьшает эффективность разрушающих факторов, снижающих прочность металла» [94]. В связи с этим было принято решение изучить влияние ПБА на коррозионную усталость стали 45Х в растворе «Темп-100» по методике, описанной в главе 3.

Результаты испытаний приведены на рисунке 4.7. За базу испытаний принято $N = 2 \cdot 10^6$ циклов.

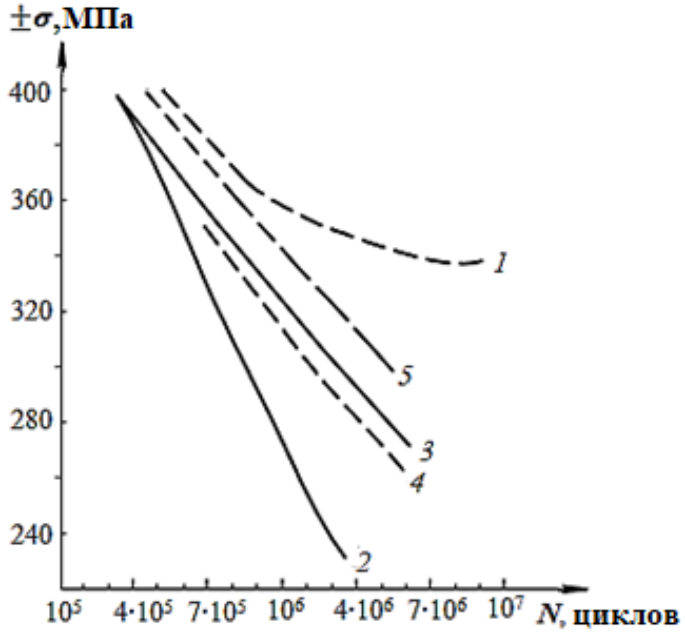


Рисунок 4.7 – Кривые усталости и коррозионной усталости стали 45Х: 1 – в воздухе; 2 – в 7%-м растворе «Темп-100»; 3 – в 7%-м растворе «Темп-100» с добавкой 5 г/л ПБА; 4 – в воздухе после выемки из 7%-го раствора «Темп-100»; 5 – в воздухе после выемки из 7%-го раствора «Темп-100» с добавкой 5 г/л МБК

Из рисунка 4.7, сравнивая кривые 1 и 2 на базе $N = 2 \cdot 10^6$ циклов, можно определить суммарную потерю циклической прочности образца (95 МПа). Сопоставляя кривые 1, 2 и 3, определяем потерю циклической прочности образца вследствие чисто коррозионных (58 МПа) и коррозионно-механических поражений (37 МПа).

Сопоставление кривых 2 и 3 дает основание заключить, что ПБА «снижет агрессивность разрушающих факторов и повышает циклическую прочность образца» [94].

Такое свойство ПБА «можно объяснить тем, что он влияет на уменьшение действия микроэлементов и специфических пар Эванса, с деятельностью которых связывают коррозионно-механические поражения» [94].

Коррозионно-усталостные испытания показали, что ПБА, «уменьшая действие разрушающих факторов на циклическую прочность, способствует увеличению коэффициента запаса циклической прочности металла в исследуемой среде и является наиболее эффективной добавкой к СМС, используемому для мойки деталей, которые вторично используются при ремонте узлов и агрегатов автомобилей и другой мобильной техники» [94].

4.5 Изучение противокоррозионных свойств добавки в условиях производства

Свойства ПБА, как ингибитора коррозии, «в производственных условиях определяли по продолжительности времени с момента завершения мойки в исследуемом растворе до появления первых очагов коррозии на поверхности деталей в условиях атмосферы участка ТО и ремонта. Проверку проводили визуально с помощью увеличительной лупы один раз в сутки» [94]. Исследуемым раствором служил 7%-й раствор «Темп-100», в котором концентрацию ПБА поддерживали 1,0, 2,0, 3,0, 4,0, 5,0 и 6,0 г/л (таблица 4.6 и рисунок 4.8).

Таблица 4.6 – Результаты производственных исследований влияния концентрации ПБА на противокоррозионные свойства 7%-го раствора «Темп-100»

Концентрация ПБА, г/л	Продолжительность времени до появления первых очагов коррозии, в сутках	
	Каждого образца	Средняя по вариантам
Образцы без мойки (контроль)	3, 4, 2, 3, 4	3,2
0	7; 8; 7; 8; 8	7,6
1,0	14, 15, 15, 16, 16	15,2
2,0	15, 17, 15, 17, 16	16,0
3,0	17, 18, 18, 19, 18	18,0
4,0	20, 21, 22, 21, 22	21,2
5,0	24, 24, 25, 25, 25	24,6
6,0	23, 25, 24, 24, 24	24,0

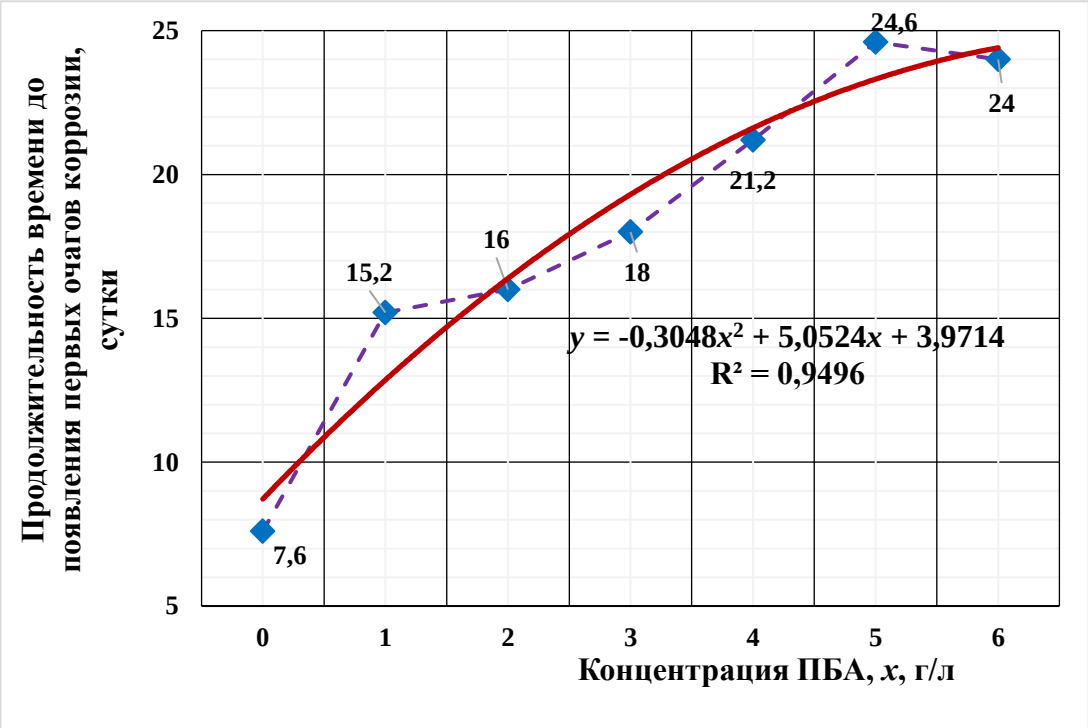


Рисунок 4.8 – Влияние концентрации ПБА на противокоррозионные свойства 7%-го раствора «Темп-100» в условиях производства

Исследования ПБА, как ингибитора коррозии, в условиях ремонтного

производства подтвердили, что при его концентрации 5 г/л наблюдаются максимальные противокоррозионные свойства моющего раствора. «Продолжительность времени до появления первых очагов коррозии после мойки образцов в таком растворе достигает» [49] до 24,6 суток против 7,6 суток в растворе без добавки ПБА.

4.6 Изучение зависимости степени очистки деталей от соотношения концентраций компонентов моющего раствора

Изучение проводили по методике, описанной в [49] (таблицы 4.7-4.9). В качестве компонентов моющего раствора рассматривали «Темп-100» и ПБА.

Таблица 4.7 – Матрица планирования эксперимента плана $N = 2^2$

Наименование	Значения переменных, %	
	x_1	x_2
Основной уровень 0_{x_i}	7	0,5
Интервал варьирования λ_i	1	0,15
Верхний уровень $0_{x_i} + \lambda_i$	8	0,65
Нижний уровень $0_{x_i} - \lambda_i$	6	0,35

1. Концентрации компонентов:

x_1 –«Темп-100», %;

x_2 –ПБА, г/л.

Таблица 4.8 – Результаты экспериментов

№№ вариантов	№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, %	
		до эксперимента			после эксперимента			
		образцов без загрязнения, M_0	образцов с загрязнением, M_1	загрязнения, $M_1 - M_0$	образцов с загрязнением, M_2	оставшегося загрязнения, $M_2 - M_0$	по образцам	средняя по вариантам
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Продолжение таблицы 4.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	47,1524	49,8248	2,6724	47,2219	0,0695	97,4	97,2
	2	47,1895	50,2151	3,0256	47,2772	0,0877	97,1	
	3	46,9564	49,8289	2,8725	47,0397	0,0833	97,1	
2	4	47,2241	50,5111	3,287	47,3293	0,1052	96,8	97,4
	5	46,8956	50,4533	3,5577	46,9774	0,0818	97,7	
	6	46,9943	50,2297	3,2354	47,0687	0,0744	97,7	
3	7	47,1554	50,051	2,8956	47,2278	0,0724	97,5	97,3
	8	46,9572	50,3995	3,4423	47,0639	0,1067	96,9	
	9	47,2142	50,5314	3,3172	47,2971	0,0829	97,5	
4	10	46,9585	50,379	3,4205	47,0509	0,0924	97,3	97,6
	11	47,2553	50,1445	2,8892	47,3189	0,0636	97,8	
	12	46,9547	50,427	3,4723	47,0346	0,0799	97,7	

Таблица 4.9 – План, результаты экспериментов и расчеты

№ варианта	План			Расчет x_1x_2	Выход			Среднее значение выхода по варианту, $\bar{y}$	Дисперсия, S_j^2
	x_0	x_1	x_2		y_1	y_2	y_3		
1	+1	–1	–1	+1	97,4	97,1	97,1	97,2	0,03
2	+1	+1	–1	–1	96,8	97,7	97,7	97,4	0,27
3	+1	–1	+1	–1	97,5	96,9	97,5	97,3	0,12
4	+1	+1	+1	+1	97,3	97,8	97,7	97,6	0,07
									$\sum_{j=1}^{n} S_j^2 = 0{,}49$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}{n-1};$$

Коэффициенты уравнения регрессии[94]:

$$b_0 = \frac{1}{4}\cdot(97{,}2 + 97{,}4 + 97{,}3 + 97{,}6) = 97{,}375;$$

$$b_1 = \frac{1}{4}\cdot(-97{,}2 + 97{,}4 - 97{,}3 + 97{,}6) = 0{,}125;$$

$$b_2 = \frac{1}{4}\cdot(-97{,}2 - 97{,}4 + 97{,}3 + 97{,}6) = 0{,}75;$$

$$b_{12} = \frac{1}{4}\cdot(97{,}2 - 97{,}4 - 97{,}3 + 97{,}6) = 0{,}25.$$

$$y = 97{,}375 + 0{,}125x_1 + 0{,}75x_2 + 0{,}25x_1x_2.$$

После статистического анализа и определения значимости коэффициентов уравнения с использованием методики в [93, 94], получен его окончательный вид:

$$y = 97{,}375 + 0{,}125x_1 + 0{,}75x_2 + 0{,}25x_1x_2.$$

Если известна требуемая степень очистки деталей, то используя данное уравнение, можно заблаговременно подготовить раствор с необходимыми концентрациями его компонентов.

4.7 Выводы по главе 4

1. Доказано, что влияние концентрации ПБА на степень очистки деталей носит полиномиальный характер. Определена рациональная концентрация ПБА в 7%-м растворе «Темп-100» – 5 г/л.

2. Установлено, что увеличение концентрации ПБА до 5 г/л улучшает ингибиторные характеристики состава «Темп-100» в коррозионной среде (в 3%-м растворе NaCl).

3. Доказано, что ПБА формирует на поверхности вымытых деталей оксидную пленку и смещает потенциал начала корродирования стали на 0,8В в положительную зону относительно потенциала коррозии.

4. Установлено, что ПБА способствует увеличению коэффициента запаса циклической прочности стали в коррозионной среде.

5. Исследования ПБА, как ингибитора коррозии, в условиях ремонтного производства подтвердили, что при его концентрации 5 г/л наблюдаются максимальные противокоррозионные свойства моющего раствора.

6. Получено уравнение, используя которое, можно заблаговременно подготовить раствор с необходимыми концентрациями его компонентов для достижения требуемой степени очистки деталей.

ГЛАВА 5. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

5.1 Порядок проверки разработанного состава в условиях производства

Проверка раствора разработанного состава для мойки деталей осуществлялась в условиях ООО «Рассвет» Рязанской области при ремонте двигателей ЗМЗ-40911.10 автомобилей УАЗ-3303, технологический процесс которого представлен на рисунке 2.4.

Как указывалось выше, «из всех операций технологического процесса ремонта двигателей наиболее важной является операция мойки и очистки деталей» [49], которую выполняли в моечной машине АМ1000 АК (рисунок 5.1) «с применением 7%-го раствора «Темп-100» без добавки и с добавкой. Базовым вариантом при сравнительных испытаниях принят 7%-й раствор «Темп-100» без добавки» [49].

Рисунок 5.1 – Моечная машина АМ1000 АК

Характеристика АМ1000 АК:

- диаметр корзины 1000 мм;
- грузоподъемность корзины 250 кг;
- тип привода корзины: электромеханический;
- габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм: 1400×1260×1490;
- высота рабочего пространства 720 мм;
- мощность насоса 2×2,2 кВт;
- давление насоса 3 бар;
- производительность насоса 2×300 л/мин;
- мощность нагревательных элементов 3×2 кВт;
- параметры сети, В/Гц: 400/50;
- мощность суммарная 10,8 кВт;
- вес 280 кг;
- объем бака моющего раствора 180 л.

Автоматическая промывочная установка АМ1000 АК предназначена для проведения высококачественной мойки различных деталей автотракторной техники и инструмента от загрязнений нефтехимическими веществами. Струйная технология мойки, небольшой расход воды и многократное использование моющего средства обеспечивают экономное использование ресурсов для проведения процедуры очистки. Качество используемых деталей гарантирует длительную работу установки, а также оптимальные показатели по использованию расходных материалов и экологическую безопасность. Представляет собой моечную камеру с замкнутым контуром. Температура и продолжительность цикла обработки задается на панели управления. АМ1000 обеспечивает подогрев раствора до 100ºС.

«В процессе мойки в моечной машине раствор обмывает поверхности деталей разобранных узлов и агрегатов машин, уложенных на вращающийся стол (корзину), от загрязнений методом струйного воздействия. Вращение корзины обеспечивает необходимое позиционирование деталей перед

коллекторами. П-образная форма рамп позволяет промывать изделия сверху, снизу и сбоку в течение заданного времени» [49].

Порядок учета подконтрольных автомобилей был аналогичен порядку, описанному в [94].

Автомобиль УАЗ-3303 (рисунок 5.2) – малотоннажный грузовой автомобиль с колесной формулой 4×4, штатная грузоподъёмность 1,225 т[119].

Рисунок 5.2 – Автомобиль УАЗ-3303

В основном находят своё применение в условиях бездорожья. «Это их «стихия», где по проходимости современные грузовики не могут с ними сравниться.

Технические характеристики современного УАЗ-3303 в цифрах: длина – 4,535 м, ширина кузова – 1,974 м, ширина кабины – 1,990 м, высота – 2,355 м, колёсная база – 2,550 м, масса снаряжённого автомобиля – 1,845 т, полная масса – 3,070 т, дорожный просвет – 205 мм, глубина преодолеваемого брода – 500 мм, угол съезда – 27 градусов, угол въезда – 30 градусов, допустимая масса прицепа – 850 килограммов, емкость топливного бака – 56 л (или 56 л + 30 л. дополнительный бак)» [125].

Современные модификации УАЗ-3303:

– «УАЗ-330364 – модификация с увеличенной до 2,550 м колёсной базой, металлической или деревянной грузовой платформой;

– УАЗ-330394 – грузовой автомобиль с двухместной кабиной и деревянной платформой» [125].

В разные годы выпускались с разными двигателями.

«С 1985-го по 1989-й годы выпускалась модификация УАЗ-3303-01 с двигателем УМЗ-414 мощностью от 77 до 90 лошадиных сил.

В конце восьмидесятых годов конструкция грузовика была изменена, с целью улучшения его технических характеристик. В том числе и силовой агрегат был заменен на более современный и мощный аналог УМЗ-417» [125].

В настоящее время автомобили УАЗ-3303 комплектуются двигателями Заволжского моторного завода ЗМЗ-40911.10[120] (рисунок 5.3).

«ЗМЗ-40911.10 инжекторный бензиновый двигатель, соответствующий требованиям стандарта Евро-5. Его рабочий объём равен 2,693 л; максимальная мощность составляет 82,5 кВт, или 112,2 л.с. Максимальный крутящий момент, при 2500 об/мин – 198 Н·м. Расход топлива при скорости 60 км/ч – 9,6 л на 100 км пути; при скорости 80 км/ч – 12,4 л/100 км, степень сжатия – 9,1. Этот двигатель отличается неизменно уверенным запуском при низких температурах воздуха, быстрым прогревом, неприхотливостью к качеству топлива, приёмистостью (оптимальным сочетанием крутящего момента и мощности), работает на бензине АИ-92»[125].

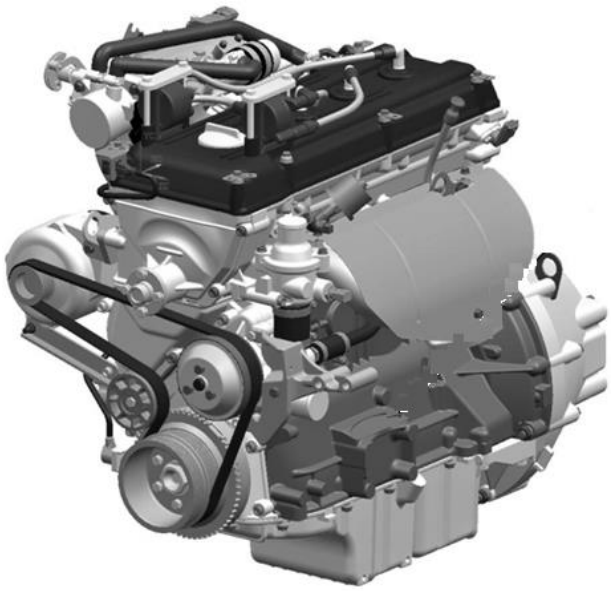


Рисунок 5.3 – Двигатель ЗМЗ-40911.10

«Периодичность обслуживаний ТО-1 и ТО-2 устанавливается в зависимости от категории условий эксплуатации автомобиля – в соответствии с ГОСТ-21624-81» [125] (таблица 5.1).

Таблица 5.1– Периодичность технического обслуживания двигателя ЗМЗ-40911.10

Категория условий эксплуатации	Периодичность технического обслуживания, тыс. км	
	ТО-1	ТО-2
I	10,0	20,0
II	9,0	18,0
III	8,0	16,0
IV	7,0	14,0
V	6,0	12,0

«Ежедневное обслуживание (ЕО) необходимо проводить каждый день перед первым запуском двигателя для проверки его готовности к работе. Сезонное техническое обслуживание выполняется один раз в год – осенью совместно с проведением очередных работ по ТО-1 или ТО-2 для подготовки двигателя к смене сезона эксплуатации. Расчетная периодичность СО– 40000 км пробега автомобиля. Отклонение от километража, определяющего периодичность технических обслуживаний ТО-1, ТО-2 допускается в пределах 500 км.

Необходимость в ремонте двигателя наступает после пробега 200-250 тыс. км в зависимости от условий эксплуатации. К этому пробегу зазоры достигают величин, вызывающих падение мощности, уменьшение давления масла в масляной магистрали, резкое увеличение расхода масла (свыше 200 г/100км), чрезмерное дымление двигателя, повышенный расход топлива, а также возможны стуки. Работоспособность двигателя может быть восстановлена проведением ремонтных работ с заменой изношенных деталей новыми стандартного размера, либо восстановлением изношенных деталей и применением сопряженных с ними новых деталей ремонтного размера» [125].

Автомобили УАЗ-3303 эффективно применяются в сельском хозяйстве как для транспортных, так и для выполнения технологических работ (рисунки 5.4, 5.5).

Рисунок 5.4 – Применение автомобилей УАЗ-3303 в сельском хозяйстве

К наиболее интересным машинам на базе шасси УАЗ следует отнести молоковоз, топливозаправщик с цистерной емкостью 1500 л из нержавеющей стали с двумя изолированными емкостями 900 л и 600 л и двумя топливораздаточными колонками, опрыскиватель для подкормки

сельскохозяйственных культур и химической обработки, не повреждая растений, многофункциональные коммунальные машины (пескоразбрасывающим, снегоочистительным, подметально-щеточным, поливомоечным оборудованием), санитарный полноприводный автомобиль, подъемник автомобильный гидравлический для подъема людей с инструментом и материалами и выполнения строительно-монтажных и других работ на высоте до 9 м, пожарный и почтовый автомобили, автомобили с самосвальным оборудованием и другие (рисунки 5.4, 5.5).

Рисунок 5.5 – Применение автомобилей УАЗ-3303 в различных отраслях

«Достаточная надежность, высокая проходимость и неприхотливость в обслуживании сделали УАЗ-3303 поистине универсальным. Автомобиль выпускается по сей день с небольшими дополнениями и доработками» [49].

«Количество автомобилей, принятых на обследование, определено по таблице случайных чисел, оно составило» [94] 10 штук (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Пробег автомобилей в межремонтный период эксплуатации (между первым и вторым ремонтом двигателя), тыс. км

№ № п/п	Собственник автомобиля	Марка автомобиля	Год выпуска	Марка двигателя	Фактический пробег, тыс. км
1	ИП КФХ «Щепелев В.Е.»	УАЗ-3303	2012	ЗМЗ-40911.10	162,7
2	ИП КФХ «Куликов А.С.»	УАЗ-3303	2013	ЗМЗ-40911.10	174,2
3	ИП КФХ «Спесивцева И.В.»	УАЗ-3303	2012	ЗМЗ-40911.10	185,6
4	ИП КФХ «Архипцева М.В.»	УАЗ-3303	2014	ЗМЗ-40911.10	173,4
5	ИП КФХ «Мансурова М.Н.»	УАЗ-3303	2013	ЗМЗ-40911.10	167,7
6	ИП КФХ «Васьковский Е.Е.»	УАЗ-3303	2011	ЗМЗ-40911.10	183,3
7	ООО «Тумский двор»	УАЗ-3303	2014	ЗМЗ-40911.10	176,8
8	ООО «Рассвет»	УАЗ-3303	2013	ЗМЗ-40911.10	164,9
9	ООО «Верея»	УАЗ-3303	2012	ЗМЗ-40911.10	182,4
10	ООО «Андроновское»	УАЗ-3303	2014	ЗМЗ-40911.10	167,5
				Сумма	1738,5

Средний пробег двигателей составил:

$$L_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} L_i}{n} = \frac{1738,5}{10} = 173,85 \text{ тыс. км};$$

Снижение пробега (ΔL) двигателей в среднем по автомобилям составило:

$$\Delta L = \frac{L_{нор.} - L_{ср}}{L_{нор.}} \cdot 100\% = \frac{200-173,85}{200} \cdot 100\% = 13,08\%,$$

где $L_{нор.}$ = 200 тыс. км – нормативный пробег двигателей марки ЗМЗ-40911.10.

«В соответствии с принятой методикой необходимо было определить влияние различных составов моющих растворов для мойки деталей на пробег двигателя между ремонтами. Количество автомобилей по каждому варианту при нормальном законе распределения случайных чисел»[94] определяется по выражению 3.3, коэффициент вариации– по формуле 5.1:

$$\vartheta = \frac{S}{\bar{x}}, \qquad (5.1)$$

где S – среднеквадратическое (стандартное) отклонение результатов предварительных экспериментов;

$\bar{x}$ – среднеарифметическая результатов экспериментов.

«Определим статистические характеристики полученного ряда:

– размах ряда» [94]:

$$x_{max} - x_{min} = 185,6 - 162,7 = 22,9 \text{ (тыс. км)};$$

«Составляем таблицу ранжированного ряда пробега и вычисления дисперсии» [94] (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Ранжированный ряд пробега автомобилей в межремонтный период эксплуатации (между первым и вторым ремонтом двигателя)

№№ объектов исследования	Пробег, x_i, тыс. км	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	162,7	-11,15	129,3225
8	164,9	-8,95	80,1025
10	167,5	-6,35	41,3225
5	167,7	-6,15	39,8225
4	173,4	-0,45	0,2025
2	174,2	0,35	0,1225
7	176,8	2,95	8,7025
9	182,4	8,55	74,1025
6	183,3	9,45	90,3025
3	185,6	11,75	141,0625
Сумма	1738,5	0	605,065

Имеем:

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = 1738{,}5 \text{тыс. км};$$

– среднее значение ряда:

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i = \frac{1}{10}1738{,}5 = 173{,}85;$$

– дисперсия:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{605{,}065}{10-1} = 69{,}23;$$

– среднеквадратическое (стандартное) отклонение:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{69{,}23} = 8{,}52;$$

– коэффициент вариации:

$$\vartheta = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{8{,}52}{173{,}85} = 0{,}049\ (4{,}9\%);$$

– ошибка средней:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{8{,}52}{\sqrt{10}} = 2{,}70;$$

– относительная ошибка средней:

$$S_{\bar{x},\%} = \frac{S_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100\% = \frac{2{,}70}{173{,}85} \cdot 100\% = 1{,}55\%.$$

«Поскольку коэффициент вариации меньше 0,33 (33%), то распределение случайных чисел подчиняется нормальному закону.

Относительная изменчивость пробега составляет» [94]:

$$\varepsilon = \frac{185{,}6 - 162{,}7}{185{,}6} 100\% = 12{,}34\%.$$

«Такой разброс объясняется тем, что не учитывался способ хранения автомобилей и квалификация водителей» [94]. Значение относительной изменчивости принимаем 5%, как по на передовых предприятиях. Откуда:

$$N = \frac{t^2 \cdot \vartheta^2}{\varepsilon^2} = \frac{1{,}96^2 \cdot 0{,}049^2}{0{,}05^2} = 8{,}69 \approx 9 \text{ автомобилей}.$$

По расчетам количество повторностей в каждом варианте должно быть 9. Для большей достоверности принимаем N = 10 повторностей (автомобилей).

5.2 Обоснование выбора объекта для подконтрольной эксплуатации

«При выборе типа и марки автомобиля нами было проведено изучение парка автомобилей РФ (рисунок 5.6) и обеспеченность сельскохозяйственных организаций Рязанской области тракторами и комбайнами» [16] (таблица 5.4).

Как сообщает аналитическое агентство «АВТОСТАТ», «по состоянию на 1 января 2020 года в России насчитывалось 3,78 млн. грузовых автомобилей. Средний возраст этого парка составлял 21,2 года, причем 64,7% всех грузовых автомобилей в стране пребывают в возрасте старше 15 лет. Доля иномарок здесь составляет практически треть российского парка (33%).В то же время во владении юридическими лицами находится 52,1% от общего объема грузовых автомобилей» [121] (рисунок 5.6).

Рисунок 5.6 – Парк грузовых автомобилей РФ на 1 января 2020 г.

«На долю дизельных приходится 69,5% от общего парка грузовых машин, а экологическим стандартам «Евро-4» (и выше) соответствует 19,8% таких автомобилей. Самый крупный из региональных парков грузовой техники

находится в Москве, где числится 160,3 тыс. экземпляров. В Московской области, которая на втором месте рейтинга, насчитывается еще 155,8 тыс. единиц. Замыкает тройку лидеров Краснодарский край (144,2 тыс. шт.). Еще в пяти субъектах РФ (Ростовская область, Иркутская область, Татарстан, Ханты-Мансийский автономный округ, Новосибирская область) тоже зарегистрировано более 100 тыс. грузовиков. Что касается марочной структуры российского парка грузовой техники, то лидером здесь является КамАЗ (927,3 тыс. шт.), на втором месте – ГАЗ (729,8 тыс. шт.), а замыкает первую тройку ЗиЛ (495,6 тыс. шт.). Причем на долю этих трех марок приходится около 57% всего парка грузовиков в РФ. Среди иномарок больше всего в стране числится грузовых автомобилей марки Volvo (105,4 тыс. шт.)» [121].

По данным Информационного агентства «Финмаркет» за последние четыре года количество проданных на внутреннем рынке РФ автомобилей УАЗ уменьшается: 2019 г. – 37,8 тыс. единиц, 2020 г. – 36,01 тыс. единиц, 2021 г. – 32,42 тыс. единиц, 2022 г. – 23,78 тыс. единиц. В 2022 году в сравнении с 2021 годом производство коммерческой модели «УАЗ Профи» выросло почти вдвое и составило 4,996 тыс. штук. Доля автомобилей УАЗ в российском парке составила 2,3%. Стоимость автомобиля УАЗ-3303 в зависимости от комплектации составляет 1200-1350 тыс. рублей.

«По рязанским дорогам на сегодняшний день ежедневно ездит 451,2 тысячи легковых автомобилей, 6,2 тысячи автобусов, 66,3 тысячи грузовых автомобилей. В сфере автомобильного транспорта задействовано 4,8 тысяч человек со средней зарплатой 22,1 тысяча рублей. Около 20% парка грузовых автомобилей занято в сельском хозяйстве области, при этом в основном эта доля представлена среднетоннажными грузовиками ГАЗ, где лидируют автомобили ГАЗ-3309, на втором месте – легкие коммерческие автомобили УАЗ»[16].

«Сельское хозяйство Рязанской области в 2019 году в фактических ценах обеспечило производство продукции на сумму в 65,6 млрд. руб. В рейтинге регионов Центрального федерального округа Рязанская область по данному

показателю заняла 10-е место с долей в общем объеме продукции сельского хозяйства ЦФО на уровне 4,2%.

В 2019 году в структуре сельского хозяйства Рязанской области преобладала отрасль растениеводства, доля продукции которой составила 57,5%, доля продукции животноводства – 42,5%.

Основные отрасли сельского хозяйства Рязанской области: молочное животноводство, свиноводство, птицеводство, производство зерна, сахарной свеклы, масличных культур и кормопроизводство» [4, 19].

«Сельское хозяйство Рязанской области отличается относительно большими размерами площадей [23].В 2019 году вся посевная площадь составила 970,8 тыс. га (это 6,2% от всех посевных площадей в ЦФО). По данному показателю Рязанская область заняла 7-е место среди субъектов ЦФО» [126].

«Растениеводство Рязанской области во многом опирается на выращивание зерновых культур[23]. В структуре посевных площадей Рязанской области в 2019 году на озимую и яровую пшеницу пришлось 38,3% от общего размера площадей в регионе, на озимый и яровой ячмень – 17,7%, кукуруза на зерно – 2,1%, овес – 1,5%, на озимую и яровую рожь – 0,6%.

На долю зернобобовых культур пришлось 4,4% всех посевных площадей Рязанской области, сахарной свеклы – 0,7%, озимого и ярового рапса – 5,1%, подсолнечника – 5,8%, горчицы – 1,0%, сои – 3,1%, рыжика – 0,2%. На долю площадей картофеля промышленного выращивания в области пришлось 2,0% всех площадей, на овощи открытого грунта – 0,5% всех площадей. Кормовые культуры занимали 16,3% от общего размера посевных площадей в регионе» [4].

В стоимостном выражении объем производства продукции растениеводства в Рязанской области в 2019 году составил 37,8 млрд. руб.[126].

Обеспеченность сельскохозяйственных организаций Рязанской области тракторами и комбайнами по годам приведена в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Обеспеченность сельскохозяйственных организаций Рязанской области тракторами и комбайнами по годам (на конец года)[122]

Показатели	Годы													
	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Приходится тракторов на 1000 га пашни, штук	7	5	4	2	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3
Приходится пашни на один трактор, га	153	199	270	516	261	272	286	299	308	315	328	328	316	314
Приходится на 1000 га посевов (посадки) соответствующих культур, штук:														
зерноуборочных комбайнов	6	5	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
картофелеуборочных комбайнов	68	55	10	11	9	11	12	14	12	10	8	11	12	9
свеклоуборочных машин (без ботвоуборочных)	16	14	6	3	4	11	6	8	8	6	12	9	6	3
Приходится посевов (посадки) соответствующих культур на один комбайн, га:														
зерноуборочный	176	223	319	377	375	387	324	394	416	470	432	458	485	497
картофелеуборочный	15	18	100	92	117	92	82	70	87	98	129	92	84	109
свеклоуборочную машину (без ботвоуборочных)	62	69	179	292	237	92	184	126	123	158	83	113	162	359

«В 2019 году стоимость продукции животноводства Рязанской области составила 27,9 млрд. руб. В животноводстве значимая роль отводится молочному скотоводству и мясному животноводству. В 2019 году область заняла 4-е место по объему производства молока и 6-е место по производству говядины, 11-е место по производству свинины в ЦФО» [126].

«В 2022 году сельхозпредприятия и фермеры Рязанской области получили субсидии на приобретение 136 единиц новой техники: 104 тракторов, 17 комбайнов, 5 сеялок, 7 опрыскивателей и 3 зерносушилок. Общая сумма государственной поддержки составила 249 млн рублей.

В следующем году субсидия будет сохранена: в областном бюджете на 2023 год предусмотрено 137,5 млн рублей [122].

Всего в 2022 году рязанские аграрии приобрели 185 тракторов, 117 зерноуборочных комбайнов, 10 кормоуборочных комбайнов и более 300 единиц прицепной техники. Модернизация отрасли, техническое и технологическое обновление являются важным условием дальнейшего развития АПК, обеспечения продовольственного суверенитета и развития экспорта» [127].

«Анализ наличия автотракторной техники по срокам эксплуатации показывает, что в сельхозпредприятиях значительное количество техники (от 36 до 62%) эксплуатируется со сроком эксплуатации более 10 лет» [122]. Из анализа парка грузовых автомобилей видно, что лидером грузового парка являются среднетоннажные грузовики ГАЗ-3309, на втором месте – легкие коммерческие автомобили УАЗ.

Отказы автотракторной техники «по данным мониторинга качества в условиях реальной эксплуатации, проведенного в 2013-2017 годах (проведено ФГБУ МИС в 2012-2017 гг.): ДВС – 35,1%; гидросистема – 18,4%; трансмиссия – 12,4% и т. д.». Данные мониторинга доказывают, что большинство отказов автотракторной техники связано с отказами двигателя» [16].

«На основе анализа парка автомобилей Рязанской области и РФ, а также данных мониторинга отказов автотракторной техники для подконтрольной эксплуатации принимаем» [16]автомобили УАЗ-3303 с двигателем ЗМЗ-40911.10.

5.3 Анализ результатов исследования подконтрольных двигателей

Испытывали две группы по 10 автомобилей, в которых детали двигателей мыли в разных вариантах растворов, приведенных в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Варианты производственных испытаний

Варианты	Наименование моечных растворов
№1	7%-й раствор «Темп-100»
№2	7%-й раствор «Темп-100» + ПБА концентрацией 5 г/л

В ходе испытаний по обеим группам автомобилей фиксировали наработку двигателей между первым и вторым ремонтом, которые отражены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Межремонтная наработка двигателей ЗМЗ-40911.10

№№ п/п	Собственник автомобиля	Марка автомобиля	Год выпуска	Марка двигателя	Наработка двигателя, x, км
1	2	3	4	5	6
Мойка раствором №1					
1	ООО «Мещерское подворье»	УАЗ-3303	2015	ЗМЗ-40911.10	175,3
2	ИП КФК «Лопушков А.А.»	УАЗ-3303	2014	ЗМЗ-40911.10	157,8
3	ИП КФХ «Михальчук С.Е»	УАЗ-3303	2014	ЗМЗ-40911.10	178,2
4	ООО «Спирино»	УАЗ-3303	2012	ЗМЗ-40911.10	162,5
5	ИП КФХ «Бурыкин П.А»	УАЗ-3303	2013	ЗМЗ-40911.10	181,3
6	КХ «Родник»	УАЗ-3303	2014	ЗМЗ-40911.10	169,6
7	ООО «Регион-Р»	УАЗ-3303	2012	ЗМЗ-40911.10	175,2
8	ООО «Рассвет»	УАЗ-3303	2013	ЗМЗ-40911.10	164,9
9	ООО «Верея»	УАЗ-3303	2012	ЗМЗ-40911.10	182,4
10	ООО «Андроновское»	УАЗ-3303	2014	ЗМЗ-40911.10	167,5
Среднее значение $\bar{x}$ = 171,5; Стандартное отклонение S = 8,3; Коэффициент вариации ϑ = 0,048 (4,8%)					

Продолжение таблицы 5.6

1	2	3	4	5	6
Мойка раствором №2					
1	ООО «Лидер»	УАЗ-3303	2015	ЗМЗ-40911.10	191,5
2	КХ «Елазовское»	УАЗ-3303	2014	ЗМЗ-40911.10	187,4
3	ИП КФХ «Архипцев Ю.С.»	УАЗ-3303	2014	ЗМЗ-40911.10	197,2
4	ИП КФХ «Хлопцев С.М»	УАЗ-3303	2013	ЗМЗ-40911.10	205,4
5	ООО «Мещерские семена»	УАЗ-3303	2011	ЗМЗ-40911.10	178,5
6	ИП КФХ «Архипцев К.С.»	УАЗ-3303	2012	ЗМЗ-40911.10	188,1
7	ООО «Мещерский край»	УАЗ-3303	2012	ЗМЗ-40911.10	180,7
8	ИП КФХ «Желтков В.Н.»	УАЗ-3303	2013	ЗМЗ-40911.10	197,7
9	ИП КФХ «Молчанова А.А»	УАЗ-3303	2012	ЗМЗ-40911.10	202,3
10	ОАО «Биогумус»	УАЗ-3303	2014	ЗМЗ-40911.10	210,2
Среднее значение $\bar{x}$ = 193,9; Стандартное отклонение S = 10,47; Коэффициент вариации ϑ = 0,054 (5,4%)					

Показателями появления необходимость капитального ремонта двигателя являются:

- повышенные расходы моторного масла и топлива, что связано с износом поршневых колец;
- снижение мощности двигателя, проявляющееся в затрудненном наборе скорости;
- стук или скрежет при работающем двигателе;
- постоянный перегрев двигателя, даже в тех случаях, когда двигатель работает без нагрузок;
- выхлопные газы имеют синий цвет.

Все эти признаки прямо указывают на потребность в капремонте двигателя ЗМЗ-40911.10, причем часто они проявляются одновременно.

«Как показали расчеты, результаты всех вариантов экспериментов подчиняются закону нормального распределения, т. к. коэффициенты вариации не превышают 0,33» [94].

Из таблицы 5.6 видно, что мойка деталей в растворе №2 дает лучшие результаты. «Кроме улучшения степени очистки деталей от загрязнений, данный состав повышает и коррозионную стойкость поверхности вымытых деталей, что, в свою очередь, положительно сказывается и на наработке отремонтированного двигателя» [94].

Следовательно, раствор №2 является эффективным моющим раствором и его можно рекомендовать для применения в условиях производства.

5.4 Расчет экономического эффекта от внедрения результатов исследования

Данные наработки двигателей по вариантам испытаний сведем в таблицу 5.7.

Таблица 5.7 – Сводная таблица результатов производственных испытаний

№№ растворов	Моющий состав	Средняя наработка отремонтированных двигателей, x, тыс. км	Стандартное отклонение, S	Коэффициент вариации, ϑ
№1	раствор №1 (базовый вариант)	171,5	8,3	0,048 (4,8%)
№2	раствор №2 (проверяемый вариант)	193,9	10,47	0,054 (5,4%)

При расчете экономического эффекта в качестве базы сравнения принимаем мойку деталей в растворе №1, эффект которого рассматриваем равным нулю.

Экономический эффект рассчитываем по величине межремонтной наработки подконтрольных двигателей по вариантам мойки (рисунок 5.7).

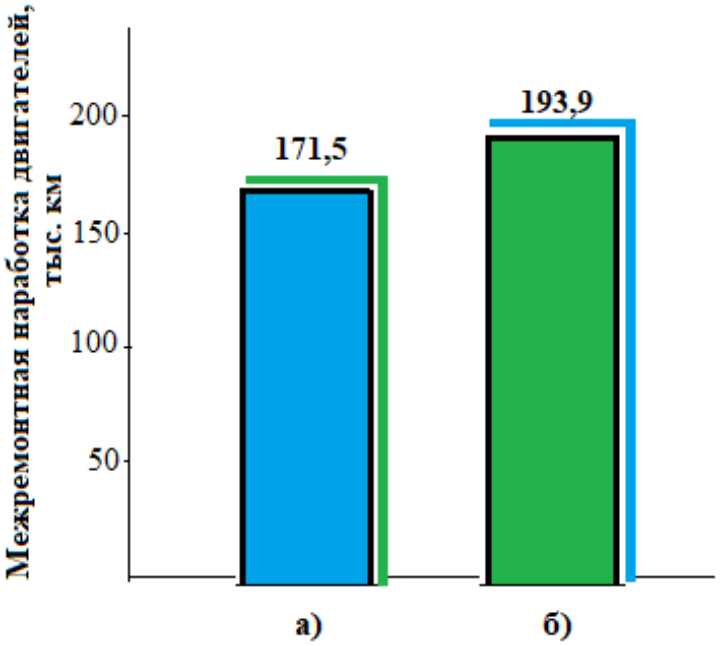


Рисунок 5.7 – Межремонтная наработка подконтрольных двигателей при мойке деталей: а) в растворе №1 (171,5 тыс. км); б) в растворе №2 (193,9 тыс. км)

Из рисунка 5.7 видно, что при мойке деталей в растворе №2 межремонтная наработка двигателей повышается на 22,4 тыс. км (на 13%) в сравнении с мойкой в растворе №1.

Общий экономический эффект ($Э_{ПБА\ общ.}$) от использования раствора №2 в сравнении с использованием раствора №1 определяем по выражению:

$$Э_{ПБА\ общ.} = Э_{нар.} + Э_{рем} + C_t - C_{ПБА}^1,$$

где $Э_{нар.}$ – экономический эффект от увеличения межремонтной наработки двигателя, руб.;

$Э_{рем.}$ – экономический эффект от снижения стоимости ремонта двигателя, руб.;

C_t– стоимость снижения энергозатрат на обеспечение рациональной температуры раствора, руб.;

$C_{ПБА}^1$ – стоимость ПБА на мойку деталей одного двигателя, руб.

Экономический эффект от увеличения межремонтной наработки двигателя:

$$Э_{нар.} = (C^{Темп\text{-}100}. - C^{Темп\text{-}100+ПБА}) \times L_{нар.\ ПБА},$$

где $C^{Темп\text{-}100}$–затраты на единицу наработки при мойке деталей в растворе №1, руб./км;

$C^{Темп-100+ПБА}$ – то же при мойке деталей в растворе №2, руб./км;

$L_{нар.\ ПБА}$ – увеличение межремонтной наработки двигателей, при мойке деталей в растворе №2, км.

$$Э_{ПБА} = (\frac{42000}{171500} - \frac{42000}{193900}) \times 22400 =$$

$$= (0{,}2449 - 0{,}2166) \times 22400 = 633{,}92 \text{ руб.},$$

где 42000 – стоимость ремонта двигателя ЗМЗ-40911.10, руб.

Как было указано в главе 2 (стр. 68), «общая трудоемкость технологического процесса ремонта двигателя машины равна сумме трудоемкостей отдельных операций» [49], в том числе трудоемкостей разборки двигателя на узлы и детали, дефектации деталей, сборки двигателя, которые снижаются при повышении качества мойки отдельных деталей двигателя, что способствует снижению общей трудоемкости ремонта двигателя.

Эта гипотеза проверена путем хронометражного наблюдения технологических процессов ремонта двигателей, наружная мойка и отдельные детали которых вымыты или в растворе №1, или в растворе №2.

Общая трудоемкость ремонта двигателя ЗМЗ-40911.10 при мойке деталей в растворе №1 составила 34,5 чел.-час., а при мойке в растворе №2 – 33,2 чел.-час. Снижение трудоемкости составило 1,3 чел.-час., или 3,8%. Следовательно, общая трудоемкость и стоимость процесса ремонта двигателя снижаются на 3,8%.

Экономический эффект от снижения стоимости ремонта ($Э_{рем.}$) составит:

$$Э_{рем.} = 42000 \times 3{,}8 : 100 = 1596{,}0 \text{ руб.}$$

Для определения степени влияния ПБА на экономический эффект изучена зависимость моющей способности растворов №1 и №2 от температуры.

Эксперименты проведены по методике, приведенной в главе 3. Результаты сведены в Приложении AI (таблица А.5), в таблице 5.8 и на рисунке 5.8.

«В ремонтном производстве не всегда требуется абсолютная чистота всех поверхностей, потому что степень очистки определяется технологической необходимостью, она должна быть допустимой для конкретного процесса или производства» [94].

Таблица 5.8 – Результаты исследования зависимости моющей способности растворов №1 и №2 от температуры

Моющий раствор	Температура моющего раствора, *x*,° С									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Степень очистки, *y*, %									
Раствор №1	10,2	14,7	16,3	20,6	28,4	42,3	61,6	78,2	83,3	81,2
Раствор №2	14,1	23,4	34,2	48,2	61,3	69,3	86,5	96,3	97,3	95,1

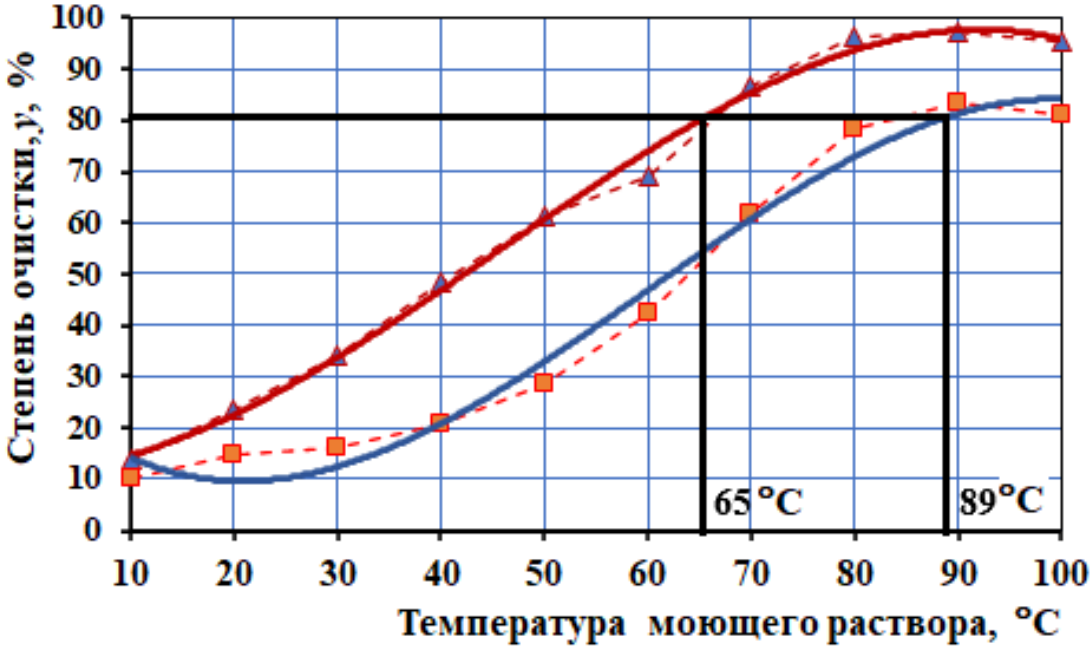


Рисунок 5.8 – Зависимость моющей способности растворов от температуры: №1 ;№2

«Степень очистки зависит от предстоящих технологических операций над деталью: или дефектация, или восстановление. Для дефектации достаточна 80%-я степень очистки, когда на инструменте и руках рабочего не остаются следы технологических загрязнений» [94].

Сравнивая графики на рисунке 5.8, можно определить температуру растворов №1 и №2 для достижения нужной степени очистки. Например, для 80%-й степени очистки деталей при мойке в растворе №1 требуется температура раствора 89°С. А при мойке в растворе №2 требуемая 80%-я

степень очистки деталей достигается при температуре раствора 65°С. Разница температур растворов 24°С, «что способствует снижению затрат электроэнергии на поддержание оптимальной температуры моющего раствора, особенно в зимнее время» [94].

«Расчет расходов на нагрев моющего раствора с 65 до 89°С

Начальная температура моющего раствора, °С …….……. 65;

Температура нагретого моющего раствора, °С ……. 89;

Объем моющего раствора, м^3 ……... 0,18 (180 л);

Мощность нагревателя, кВт ……... 6 (6000 Вт);

КПД нагревателя, % …….……. 90;

Время нагрева …….….55 мин 49 с (0,93044 ч);

Расход электроэнергии на нагрев ……..5,5827 кВт·ч ;

Тариф на электроэнергию, руб за кВт·ч ……. 7,75;

Стоимость разогрева воды, руб. …….…… **43,27»** [128].

Использование для мойки деталей раствора №2 в сравнении с использованием раствора №1 позволяет снизить температуру раствора на 24-25°С, следовательно, и затраты электроэнергии для обеспечения требуемой температуры раствора на 5,5827 кВт·ч(43,27 руб.), сохраняя при этом такую же степень очистки деталей, то есть

$$C_t = 43,27 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату мойщику, на страховые отчисления на заработную плату (30%), на приобретение моющего средства Темп-100, затраты на электроэнергию, потребляемую насосами установки при мойке, на амортизацию и ремонт установки, на накладные расходы остаются постоянными при использовании обоих моющих составов, приведенных в таблице 5.7, поэтому в расчетах экономического эффекта результатов исследования их не учитываем.

Дополнительные расходы для приготовления раствора №2 при цене 1 кг ПБА ($Ц_{ПБА}$) 350,0 руб. будут равны затратам на приобретение ПБА в количестве 0,9 кг (концентрация 5 г/л на емкость ванны 180 л).

$$С_{ПБА} = Ц_{ПБА} \times 0,9 = 350 \times 0,9 = 315,0 \text{ руб.}$$

«В процессе использования моющий раствор загрязняется. В зависимости от степени загрязнения кратность замены моющего раствора в установках составляет через каждые 5-6 моек» [94].

С учетом этого стоимость ПБА на одну мойку составит:

$$С_{ПБА}^{1} = \frac{315}{6} = 52,5 \text{ руб.}$$

Экономический эффект от использования раствора предлагаемого состава в сравнении с использованием раствора №1 в расчете на один подконтрольный двигатель составит:

$$Э_{ПБА\ общ.} = Э_{нар.} + Э_{рем} + С_{t} – С_{ПБА}^{1} =$$

$$633,92 + 1596,0 + 43,27 – 52,5 = 2220,69 \text{ руб.}$$

5.5 Выводы по главе 5

1. Испытания раствора предлагаемого состава проводили в условиях ремонтного производства ООО «Рассвет» Рязанской области. Мойку деталей осуществляли в моечной установке марки АМ500 ECO.

2. По результатам изучения парка легковых и грузовых автомобилей РФ и технической оснащенности АПК Рязанской области по состоянию на 1 января 2020 г. в качестве подконтрольных автомобилей приняты автомобили УАЗ-3303 с двигателем ЗМЗ-40911.10, в первый раз поступающие на ремонт двигателя.

3. Использование раствора предлагаемого состава в сравнении с базовым раствором обеспечивает повышение межремонтной наработки подконтрольных двигателей на 13%.

4. При расчете экономического эффекта за базу сравнения был принят 7%-й раствор «Темп-100». Экономический эффект от использования раствора предлагаемого состава в сравнении с базовым раствором составил 2220,69 руб. на один отремонтированный двигатель.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Определены резервы увеличения ресурса агрегатов автомобилей в процессе их ремонта за счет совершенствования процесса мойки деталей, основанной на комплексном подходе к его исследованиям при одновременном улучшении степени очистки и коррозионной стойкости вымытых деталей.

2. Повышены степень очистки и коррозионная стойкость вымытых деталей за счет дополнительной активизации свойств моющего раствора введением в его состав пентабората аммония.

3. Экспериментально доказано, что степень очистки деталей имеет полиномиальную зависимость от концентрации ПБА и описывается уравнением 2-й степени. Установлена рациональная концентрация ПБА 5 г/л в растворе, при которой степень очистки достигает максимума 97,28%.

4. Получено уравнение зависимости степени очистки изделий от соотношения концентраций «Темп-100» и ПБА в моющем растворе.

5. Предлагаемый состав моющего раствора испытывали в условиях производства ООО «Рассвет» Рязанской области при ремонте двигателей ЗМЗ-40911.10 подконтрольных автомобилей УАЗ-3303. При мойке деталей в растворе предлагаемого состава наработка двигателей между двумя ремонтами составила 193,9 тыс. км против 171,5 тыс. км при мойке деталей базовым раствором. Экономический эффект от использования раствора предлагаемого состава в сравнении с базовым раствором в расчете на один двигатель составил 2220,69 рублей.

Рекомендации производству. Для улучшения экологических показателей процесса мойки деталей, условий труда работников, снижения энергозатрат, увеличения межремонтной наработки агрегатов машин при их ремонте рекомендуется использовать 7%-й раствор «Темп-100» с добавкой ПБА концентрацией 5 г/л.

Перспективы дальнейшей разработки темы. Необходимо расширить и углубить дальнейшие исследования в данном направлении, изучить влияние ПБА на свойства других СМС с целью повышения эффективности процесса мойки деталей.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АПК – агропромышленный комплекс;

АТК – автотранспортный комплекс;

АТП – автотранспортное предприятие;

ДВС – двигатель внутреннего сгорания;

КР – капитальный ремонт;

ЛКМ – лакокрасочный материал;

ЛКП – лакокрасочное покрытие;

ПАВ – поверхностно-активные вещества;

ПБА – пентаборат аммония;

РФ – Российская Федерация;

РЭС – растворяюще-эмульгирующее средство;

СМС – синтетические моющие средства;

СХПК – сельскохозяйственный производственный кооператив;

ТБА – тетраборат аммония;

ТО – техническое обслуживание;

ТР – текущий ремонт;

УЗ – ультразвук;

УМР – уборочно-моечные работы;

ЦПГ – цилиндропоршневая группа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов, А.Н. Эксплуатационная надежность технических систем: учеб. пособие / А.Н. Абрамов. – М.: МАДИ, 2019. – 120 с.

2. Акимов, Г.В. Основы учения о коррозии и защите металлов / Г.В. Акимов. – М.: Металлургиздат, 1986. – С. 371.

3. Алцыбеева, А.И. Ингибиторы коррозии металлов: справочник / А.И. Алцыбеева, Е.З. Левин. Под ред. проф. Л.И. Антропова. – Л.: Химия, 1968. – 264 с.

4. Ананских, А.А Современное состояние сельского хозяйства рязанской области / А.А. Ананских, О.М. Бородулина // Устойчивое развитие экономики региона (II Шаляпинские чтения): Материалы Всероссийской научно-практической конференции. под ред. Н.В. Карамновой. – Мичуринский ГАУ, 2019. – С. 17-21.

5. Болдин, А.П. Основы научных исследований: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / А.П. Болдин, В.А. Максимов. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 336 с.

6. Степанова, Е.И. Повышение ингибиторных свойств синтетического моющего средства для очистки автомобильных цистерн / А.В. Шемякин, Е.И. Степанова, И.В. Фадеев // Современное состояние и перспективы развития АПК РФ: матер. национальной науч.-практич. конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора А.А. Сорокина. – Рязань: Изд-во РГАТУ им П.А. Костычева. – 2022. – С. 231-236.

7. Быков, В.В. Повышение эффективности мойки деталей при ремонте автомобилей / В.В. Быков, Б.П. Загородских, Ш.В. Садетдинов, В.М. Юдин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1(53). – С. 358-363.

8. Быков, В.В. Влияние температуры растворов синтетических моющих средств на их моющую способность / В.В. Быков, Б.П. Загородских, А. Н. Ременцов, В.М. Юдин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1(53). –

С. 249-255.

9. Бышов, Н.В. Изменение контактных углов смачивания при добавлении в моющие растворы поверхностно-активных веществ / Н.В. Бышов, И.А. Успенский, В.В. Алексеев, И.В. Фадеев, // Инженерные технологии и системы. – 2019. – № 1. – С. 249-255.

10. Бышов, Н.В. Ингибитор коррозии металлов для использования при ремонте автотракторной техники / Н.В. Бышов, С.Д. Полищук, И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2019. – № 2. – С. 257-262.

11. Бышов, Н.В. Повышение противокоррозионных свойств растворов синтетических моющих средств для мойки деталей / Н.В. Бышов, И.В. Фадеев, Г.А. Александрова, Ш.В. Садетдинов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2019. – № 45. – С. 20-24.

12. Бышов, Н.В. Ингибитор коррозии для растворов синтетических технологических средств / Н.В. Бышов, И.В. Фадеев // Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства: материалы Всероссийской науч.-практич. конференции. – Чебоксары: ЧГСХА, 2019. – С. 411-417.

13. Бышов, Н.В. К вопросу улучшения свойств синтетических моющих средств для мойки деталей мобильной техники / Н.В. Бышов, И.В. Фадеев // Наука, производство, образование: состояние и направления развития: сб. науч. тр. по матер. Всероссийской науч.-практич. конференции. – Чебоксары: ЧГПУ им. И.Я. Яковлева, 2019. – С. 23-29.

14. Ванн, М. Повышение эффективности и качества очистки поверхности деталей от эксплуатационных загрязнений за счет применения вибрационной обработки в технологии авторемонтных производств: автореф. дисс. …канд. техн. наук 05.02.08 / Мао Ванн. – Ростов на Дону, 2003. – 22 с.

15. Верещагин, С. А. Ремонт основных средств / С. А. Верещагин // Бухгалтерский учет. – 2021. – №12. – С. 41-45.

16. Воронов, В.П. Совершенствование мойки деталей автотракторной техники:

дисс. …канд. техн. наук: 05.20.03 / Воронов Владимир Петрович. – Рязань, 2022. – 125 с.

17. Галынский В.А. Льдоструйная очистка поверхности деталей машин и оборудования при техническом обслуживании и ремонте: дисс. …канд. техн. наук: 05.20.03 / Галынский Владимир Алексеевич. – Москва, 2007. – 130 с.

18. Горбов, А.Ф. Геохимия бора / А.Ф. Горбов. – Л.: Недра, 1976. – 207 с.

19. Гордеева, Д.А. Состояние, проблемы и перспективы развития сельского хозяйства Рязанской области / Д.А. Гордеева // Студенческий: электрон. научн. журн., 2018. – № 6 (26). URL: https://sibac.info/journal/student/26/100380 (дата обращения: 22.03.2020).

20. ГОСТ Р 9. 905– 2007. Единая система защиты от коррозии и старения. Методы коррозионных испытаний. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2007. – 17 с.

21. ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике. Термины и определения, дата введения 2017-03-01.

22. ГОСТ 18206-78 Машины для очистки тракторов, автомобилей и их составных частей. Технические условия. (Указатель 1980 «Государственные стандарты СССР. Том 3»).

23. Государственная программа Рязанской области «Развитие агропромышленного комплекса на 2014-2020 годы». Утверждено Постановлением Правительства Рязанской области от 30.10.2013 г. №357.

24. Дорохов, А.В. Влияние времени и плотности тока при электроосаждении на краевой угол самачивания / Н.А. Курьято, Л.Г. Князева, А.В. Дорохов, В.А. Брыксина // Электрохимия и коррозия металлов и сплавов: материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 110-летию со дня рождения А. Я. Шаталова, 95-летию со дня рождения И. К. Маршакова. – Воронеж, 2023. – С. 94-96.

25. Дорохов, А.В. Защита стальной поверхности комбинированными ингибиторами коррозии / Л.Г. Князева, Н.А. Курьято, А.В. Дорохов // Успехи в химии и химической технологии. – 2023. – Т. 37.№ 2 (264). С. 57-61.

26. Дорохов, А.В. Защитная эффективность композиций на основе отработанного масла по отношению к стали / Н.А. Курьято, А.В. Дорохов, Л.Г. Князева // Стратегии и векторы развития АПК: сборник статей по материалам национальной конференции, посвященной 100-летию Кубанского ГАУ. Отв. за выпуск А.А. Титученко. – Краснодар, 2021. – С. 206-208.

27. Дорохов, А.В. К оценке ингибиторной защиты сельскохозяйственной техники и оборудования / Л.Г. Князева, А.В. Дорохов, Н.А. Курьято // Наука в центральной России. – 2023. – № 1 (61). – С. 133-146.

28. Дорохов, А.В. Экологически безопасные продукты для защиты от коррозии / Л.Г. Князева, Н.А. Курьято, А.В. Дорохов, В.А. Брыксина // Наука в центральной России. – 2023. – № 3 (63). – С. 131-142.

29. Дорохов, А.В. Эффективность композиций для защиты углеродистой стали от коррозии / Н.А. Курьято, А.В. Дорохов, В.А. Брыксина // Инновационные тенденции развития российской науки: материалы 16-й Международной научно-практической конференции молодых ученых. – Красноярск, 2023. – С. 298-300.

30. Дунаев, А.В. Методы безразборного повышения ресурса узлов трения сельскохозяйственной техники при ее техническом обслуживании / А.В. Дунаев, М.Н. Костомахин // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2023. –№ 8. – С. 3-9.

31. Жильцов, К.А. Технология и устройство для очистки деталей двигателей внутреннего сгорания лёдно-кавитационными струями: дис. …канд. техн. наук: 05.20.03 // Жильцов Кирилл Алексеевич. – Иваново, 2011. – 135 с.

32. Степанова, Е.И. Анализ составов для мойки деталей автотракторной техники / И.В. Фадеев, Е.И. Степанова, А.С. Казарин, В.П. Воронов // Инновации в сельскохозяйственном машиностроении, энергосберегающие технологии и повышение эффективности использования ресурсов: матер. международной науч.-практич. конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, академика РАТ Н.Н. Колчина. – Рязань: Изд-во РГАТУ им П.А. Костычева. – 2022. – С. 392-400.

33. Карагодин, В.И. Ремонт автомобилей и двигателей: учеб. пособие для студентов учреждений сред. проф. образования / В.И. Карагодин, Н.Н. Митрохин. – 8-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 496 с.

34. Катаев, Ю.В. Влияние управляющих параметров на основные показатели надежности деталей машин / Ю.В. Катаев, А.А. Соломашкин, В.С. Герасимов, Е.Ф. Малыха // Вестник машиностроения. – 2023. – № 7. – С. 560-565.

35. Козлов, Ю.С. Очистка автомобилей при ремонте / Ю.С. Козлов. – М.: Транспорт, 1975. – 216 с.

36. Козлов, Ю.С. Очистка изделий в машиностроении. / Ю.С. Козлов, О.К. Кузнецов, Н.Ф. Тельнов. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.

37. Косарев, А.Н. Установки для мойки узлов и деталей машин при ремонте и постановке на хранение / А.Н. Косарев, И.М. Новокшонов, Ю.Е. Ткаченко, М.Л. Трофимов // Современные технологии в мировом научном пространстве. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа, 2022. – С. 43-46.

38. Кравченко, И.Н. Влияние подготовки поверхности детали на прочность сцепления покрытия при плазменном напылении / И.Н. Кравченко, С.В. Карцев, Ю.А. Кузнецов и др. // Новые огнеупоры. – 2021. – № 3. – С. 40-47.

39. Кравченко, И.Н. Исследование коррозионной стойкости защитных покрытий, формируемых комбинированным методом / Ю.А. Кузнецов, И.Н. Кравченко, К.В. Кулаков и др. // Новые материалы и технологии в машиностроении. – 2023. – № 37. – С. 42-45.

40. Кравченко, И.Н. Исследование пористости защитных покрытий формируемых комбинированным методом / Ю.А. Кузнецов, И.Н. Кравченко, Д.Г. Прохоров и др. // Новые материалы и технологии в машиностроении. – 2023. – № 37. – С. 46-50.

41. Кравченко, И.Н. Особенности подготовки поверхности деталей для нанесения износостойких плазменных покрытий / И.Н. Кравченко, Т.А. Чеха, А.О. Федоров, А.Ф. Сливов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2020. – № 2. – С. 27-32.

42. Кравченко, И.Н. Оценка работоспособности и долговечности восстановленных деталей и соединений / И.Н. Кравченко, С.А. Величко, А.В. Мартынов и др. // Технология металлов. – 2023. – № 7. – С. 42-48.

43. Кравченко, И.Н. Способ подготовки поверхности для нанесения износостойких покрытий[Текст]: пат. 2737909 Рос. Федерация: МПК С1/ Карцев С.В., Ерофеев М.Н., Карцева И.В., Кравченко И.Н.; Заявка № 2020121911 от 02.07.2020; опубл. 04.12.2020.

44. Кудряшов, М.Б. Автоматизация технологического процесса ультразвуковой очистки деталей на промышленном предприятии: дисс. …канд. техн. наук: 05.13.06 / Кудряшов Михаил Борисович. – М., 2005. – 185 с.

45. Кузнецов, Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и дополн. / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. - М.: Наука, 2001. – 535 с.

46. Степанова, Е.И. Снижение коррозионной активности противогололедных средств / Е.И. Степанова, А.В. Шемякин, И.А. Успенский, И.В. Фадеев // Современное состояние и перспективы развития АПК РФ: матер. национальной науч.-практич. конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора А.А. Сорокина. – Рязань: Изд-во РГАТУ им П.А. Костычева. – 2022. – С. 274-282.

47. Лялякин В.П. Повышение послеремонтной безотказности агрегатов тракторов / В.П. Лялякин, Д.А. Гительман, Р.Ю. Соловьев, А.К. Ольховацкий // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2023. – № 6. – С. 36-42.

48. Малюгин, С.Г. Совершенствование технологии наружной очистки сельскохозяйственной техники с обоснованием параметров и режимов работы установки водовоздушной мойки: автореф. дисс. …канд. техн. наук: 05.20.01 / Малюгин Сергей Герасимович. – Рязань, 1998. – 24 с.

49. Митрохина, Е.В. Совершенствование технологического процесса мойки деталей при ремонте техники в сельском хозяйстве: дисс. …канд. техн. наук: 05.20.03 / Митрохина Екатерина Владимировна. – Рязань, 2021. – 148 с.

50. Ощуков, Е.С. Очистка агрегатов, сборочных единиц и деталей при ремонте тракторов и автомобилей / Е.С. Ощуков // Молодежь и наука. – 2018. – №6. – С. 72-77.

51. Папок, К.К. Нагары в реактивных двигателях / К.К. Папок, В.П. Пискунов, П.Г. Юреня. – М.:Транспорт, 1971. – 112 с.

52. Плышевский, Ю.С. Состояние и перспективы производства борных соединений / Ю.С. Плышевский, К.В. Ткачев // Тезисы докладов Всесоюзного совещания по химии и технологии неорганических соединений бора. – Рига, 1987.–С.162-163.

53. Приходько, В.М. Оптимизация параметров процесса ультразвуковой очистки при ремонте газовой топливной аппаратуры / В.М. Приходько, В.В. Борщ // Вестник МАДИ. – 2004. – №3. – С. 53-57.

54. Прохоренков, В.Д. Разработка методов противокоррозионной защиты и технологических процессов хранения сельскохозяйственной техники: дисс. …доктора техн. наук: 05.17.03 / Прохоренков Вячеслав Дмитриевич. – Тамбов, 2002. – 400 с.

55. Пучин, Е.А. Практикум по ремонту машин: учебник для студентов высших учебных заведений / Е.А. Пучин, В.Г. Новиков, М.А. Очковский. – М.: Колос, 2009. – 327 с.

56. Распылитель жидкости [Текст]: пат. 2737909 Рос. Федерация: МПК C1/ Марченко Л.А., Спиридонов А.Ю.; Заявка № 2021122010 от 26.07.2021; опубл. 17.01.2022.

57. Ребиндер, П. А. Поверхностно-активные вещества и их применение / П.А. Ребиндер // Химическая наука и промышленность. – 1969. – №5. – С. 554-56.

58. Розенфельд, И.Л. Влияние воздушно-образованной окисной пленки на защитные свойства неорганических ингибиторов в нейтральных средах / И.Л. Розенфельд, Л.В. Фролова, Н.Н. Тавадзе // Защита металлов. – 1980. – Т. 16, Г 3. – С. 339-342.

59. Розенфельд, И.Л. Ингибиторы коррозии / И.Л. Розенфельд. – М.: Химия, 1977. – 350 с.

60. Розенфельд, И.Л. Новые методы исследования коррозии металлов / И.Л. Розенфельд. – М.: Наука, 1973. – С. 202.

61. Розенфельд, И.Л. Синергетический эффект ингибиторов коррозии в

нейтральных средах / И.Л. Розенфельд, Л.В. Фролова, Н.Н. Тавадзе. // Ингибиторы коррозии: сб. материалов 5-го Европейского симпозиума. – Феррара (Италия), 1980. – Т. 2. – С. 583-591.

62. Степанова, Е.И. Ингибитор коррозии для технологических сред в АПК / Е.И. Степанова, А.В. Шемякин, Ш.В. Садетдинов, И.В. Фадеев // Современное состояние и перспективы развития АПК РФ: матер. национальной науч.-практич. конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора А.А. Сорокина. – Рязань: Изд-во РГАТУ им П.А. Костычева. – 2022. – С. 138-142.

63. Романов, В.В. Влияние коррозионной среды на циклическую прочность металлов / В.В. Романов. – М.: Наука, 1969. – 220 с.

64. Рязанов, В.Е. Ущерб от коррозии машин и оборудования / В.Е. Рязанов, И.В. Фадеев // Дорожно-транспортный комплекс: состояние, проблемы и перспективы развития: сб. материалов 6-й науч.-техн. конф. – Чебоксары, 2013. – С. 378-380.

65. Северный, А.Э. Практикум по хранению и защите от коррозии сельскохозяйственной техники: учебно-методические рекомендации / А.Э. Северный, Е.А. Пучин, В.Е. Рязанов. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 160 с.

66. Северный, А.Э. Сохраняемость и защита от коррозии сельскохозяйственной техники: монография / А.Э. Северный. – М.: ГОСНИТИ, 1993. – 233 с.

67. Соловьев, Д.А. Параметры закрытой оросительной сети и конструкция узла подключения дождевальной машины «Каскад 65Т» / Д.А. Соловьев, Д.Г. Горюнов, Ю.Н. Грепечук и др. // Природообустройство. – 2023. – № 2. – С. 66-71.

68. Средство для мойки деталей транспортных средств [Текст]: пат. 2777442 Рос. Федерация: МПК C11D1/72, C11D1/02, C11D3/06, C11D3/08, C11D3/10/ Фадеев И.В., Садетдинов Ш.В., Степанова Е.И. и др.; заявитель и патентообладатель ЧГПУ им. И.Я. Яковлева. – №2021130520; заявл. 19.10.21; опубл.03.08.2022, Бюл. №22.

69. Степанова, Е.И. Повышение эффективности технологии нанесения

противокоррозионного состава при постановке сельскохозяйственных машин на хранение / И.В. Фадеев, И.А. Успенский, А.И. Ушанев, Е.И. Степанова, В.П. Воронов // Техника и оборудование для села. – 2022. – №1. – С. 39-40.

70. Степанова, Е.И. Анализ способов очистки и мойки поверхностей деталей в процессе ремонта агрегатов автотракторной техники / И.В. Фадеев, Е.И. Степанова, В.П. Воронов, С.Д. Полищук // Вестник РГАТУ.– 2022. – №2. – С. 183-192.

71. Степанова, Е.И. Исследование влияния компонентов загрязнения атмосферы животноводческих помещений на влагопоглощение противокоррозионной пленки / И.В. Фадеев, И.А. Успенский, И.А. Юхин, Е.И. Степанова, С.Н. Кулик, И.А. Мурог // Техника и оборудование для села. – 2022. – №10. – С. 26-30.

72. Степанова, Е.И. Зависимость степени очистки поверхностей деталей агрегатов автотракторной техники от продолжительности мойки с активацией моющего раствора центрифугой / И. В. Фадеев, Е.И. Степанова, А.С. Казарин, В. П. Воронов // Вестник РГАТУ. – 2022. – №3. – С. 130-138.

73. Степанова, Е.И. Повышение защитных свойств лакокрасочных материалов оптимизацией системы покрытий / И.В. Фадеев, И.А. Успенский, Е.И. Степанова, Н.И. Хайлов // Техника и оборудование для села. – 2022. – №9. – С. 34-39.

74. Степанова, Е.И. Влияние активации раствора колебанием корзины с деталями в моющей установке на степень очистки деталей / А.В. Шемякин, И.В. Фадеев, И.А. Успенский, Е.И. Степанова // Вестник РГАТУ. – 2023. – №2. – С. 175-181.

75. Степанова, Е.И. Новый экологически безопасный ингибитор коррозии и его –свойства / А.В. Шемякин, И.В. Фадеев, И.А. Успенский, Г.К. Рембалович, Ш.В. Садетдинов, Е.И. Степанова // Техника и оборудование для села. – 2023. – №4. – С. 35-37.

76. Степанова, Е.И. Повышение коррозионной стойкости внутренних поверхностей топливных цистерн при очистке / А.В. Шемякин, И.В. Фадеев,

И.А. Успенский, Е. И. Степанова // Вестник РГАТУ. – 2023. – №1. – С. 182-190.
77. Степанова, Е.И. Совершенствование технологического процесса мойки деталей при ремонте техники: монография/ И.В. Фадеев, Е.А. Митрохина, Е.И. Степанова; под общ. ред. И.В. Фадеева. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2023. – 160 с.
78. Тараканова, Н.М. Технология и устройство для очистки сельскохозяйственных машин с использованием абразивно-кавитационной струи: автореф. дисс. …канд. техн. наук: 05.20.03 / Тараканова Надежда Михайловна.– Рязань, 2011.–22 с.
79. Тельнов, Н.Ф. Моющие средства, их использование в машиностроении и регенерация / Н.Ф. Тельнов, Ю.С. Козлов, О.К. Кузнецов, И.А. Тулаев. – М.: Машиностроение, 1993. – 202 с.
80. Тельнов, Н.Ф. О механизме накипеобразования. / Н.Ф. Тельнов, В.П. Мороз, Н.А. Очковский // Научные труды «Доклады МИИСП». – 1971. – С. 72-77.
81. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств», утв. решением Комиссии Таможенного союза от 09 декабря 2011 года №877, с изм. на 11 июля 2016 года. – 460 с.
82. Ткачев, К.В. Технология неорганических соединений бора / К.В. Ткачев, Ю.С. Плышевский. – Л.: Химия, 1983. – 208 с.
83. Томашов, Н.Д. Теория коррозии металлов / Н.Д. Томашов. – М.: Металлургия, 1987. – 260 с.
84. Установка для очистки изделий [Текст]: пат. 2802615 Рос. Федерация: МПК C1/ Юдин В.М., Лялякин В.П., Юдин М.В., Вихарев М.Н., Тарасов И.А.; Заявка № 2023107055 от 24.03.2023; опубл. 30.08.2023.
85. Фадеев, И.В. Влияние амидоборатного комплекса на коррозию и коррозионную усталость стали Ст. 10 / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов, А.М. Новоселов // Приволжский научный журнал. – 2014. – №3. – С. 31-35.
86. Фадеев, И.В. Новые боратсодержащие присадки к моющим средствам для узлов и агрегатов транспортных средств / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Автотранспортное предприятие. – 2015. – № 2. – С. 46-50.

87. Фадеев, И.В. Повышение противокоррозионных свойств технических моющих средств с применением амидоборатных соединений / И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, Ш.В. Садетдинов // Грузовик. – 2015. – №4. – С. 13-16.

88. Фадеев, И.В. Применение тетраборатов лития, натрия, калия в качестве экологически чистых добавок к моющим средствам / И.В. Фадеев, В.В. Белов, Ш.В. Садетдинов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2015. – №21. – С. 52-55.

89. Фадеев, И.В. Разработка синтетических моющих средств на основе боратов для очистки поверхности металлов: монография [Текст] / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов, И.Е. Илларионов. Под общ. ред. И.Е. Илларионова. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. гос. ун-та, 2016. – 185 с.

90. Фадеев, И.В. Теоретические основы разработки новых ингибиторов коррозии для автотранспортного комплекса / И.В. Фадеев, А.М. Новоселов, Ш.В. Садетдинов // Вестник МАДИ. – 2014. – Вып. 4(39). – С. 17-21.

91. Фадеев, И.В. Выбор рационального режима мойки деталей узлов и агрегатов транспортных средств / И.В. Фадеев //Автотранспортное предприятие. – 2016. – №5. – С. 28-31.

92. Степанова, Е.И. Выбор системы покрытий лакокрасочных материалов для машин и оборудования животноводческих комплексов / И.В. Фадеев, Е.И. Степанова, С.Н. Кулик, В.П. Воронов // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии: матер. 1-й Национальной науч.-практич. конференции с международным участием, посвященной памяти д.т.н., профессора Н.В. Бышова. – Рязань: Изд-во РГАТУ им П.А. Костычева. – 2021. – С. 311-315.

93. Фадеев И.В. Основы научных исследований и патентоведения: учебное-методическое пособие / И.В. Фадеев, А.В. Рязанов. – Чебоксары: ЧГПУ им. И.Я. Яковлева, 2023. – 325 с.

94. Фадеев, И.В. Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве: дисс. …доктора техн. наук: 05.20.03 / Фадеев Иван Васильевич. – Рязань, 2019. – 395 с.

95. Фадеев И. В. Совершенствование технологии мойки деталей при ремонте машин/ И. В. Фадеев, И. А. Успенский, И.А. Юхин, А. В. Шемякин; под общ. ред. И. А. Успенского. – Чебоксары : Чуваш. гос. пед. ун-т, 2020. – 343 с.
96. Фатюхин, Д.С. Разработка технологии и оборудования для ультразвуковой очистки инжекторов: дисс. …канд. техн. наук: 05.02.08 / Фатюхин Дмитрий Сергеевич. – М., 2001. – 200 с.
97. Черноиванов, В. И. Очистка и мойка машин и оборудования [Текст] / В.И. Черноиванов, В.Н. Лосев, А.Л. Быстрицкая. – М.: ГОСНИТИ, 1998. – 99 с.
98. Шварц, Е.М. Взаимодействие борной кислоты со спиртом и оксикислотами / Е.М. Шварц. – Рига: Зинатне, 1990. – 414 с.
99. Шемякин, А.В. Совершенствование организации работ, связанных с хранением сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств: автореф. дисс. …доктора техн. наук : 05.20.03 / Шемякин Александр Владимирович. – Мичуринск, 2014. – 39 с.
100. Шемякин, А. В. Повышение эффективности противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственных машин консервационными материалами / А. В. Шемякин, В. В. Терентьев, М. Б. Латышенок // Известия Юго-Западного гос. ун-та. – 2016. – № 2. – С. 89-911.
101. Шемякина, Е.Ю. Технология очистки сельскохозяйственных машин с обоснованием параметров и режимов работы моечной установки с воздушным экраном: автореф. дисс. …канд. техн. наук : 05.20.03 / Шемякина Евгения Юрьевна. – Рязань, 2009. – 22 с.
102. Шутенко, А.В. Определение давления струи воды на поверхность почвы в зависимости от вида форсунки и режима работы струи / А.В. Шутенко, Д.О. Хорт // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2023. – Т. 70, № 2 (50). – С. 82-87.
103. Успенский, И.А. 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.
104. Юдаков, Е.Г. Разработка технологии и оборудования для ультразвуковой очистки корпусных деталей автотракторных двигателей: автореферат дисс.

…канд. техн. наук: 05.02.08 / Юдаков Евгений Геннадьевич. – М., 2013. – 19 с.
105. Юдин, В.М. Очистка машин и оборудования при техническом сервисе: учебное пособие / В.М. Юдин. – М.: Изд-во ФГБОУ ВО РГАЗУ, 2015. – 43 с.
106. Яруллин, М.Г. Интенсификация очистки изделий в погружных моечных машинах на базе пространственных механизмов: дисс. …доктора техн. наук: 05.20.03 / Яруллин Мунир Гумерович. – Казань, 2002. – 487 с.
107. Byshov N.V., Uspensky I.A., Fadeev I.V., Sadetdinov Sh.V. Synergetic effect of bactericidal action of borates in solutions of synthetic detergents, Research journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences (ISSN: 0975-8585), 2019, no. 10(2), pp. 1441-1446.
108. Rojagoplan, K.S. Orantification of the elements contributing to the direct cost corrosion and its application to the chloralkoli inolstry / K.S. Rojagoplan. // I. Sci and lnt. Res., 1985, no. 8, pp. 430-431.
109. Perry D.L. Handbook of Inorganic Compounds. – 2nd ed. – CRC Press, 2011. – 30 p.
110. Yang, L. The Study of Atmospheric Corrosion of Carbon Steel and Aluminum under Salt Deposit Using Coupled Multielectrode Array Sensors / L. Yang, R.T. Pabalan, D.S. Dunn // the 204th Meeting of the Electrochemical Society – Abstract 465, Extended Abstract Volume 2003-II (Pennington, NJ: Electrochemical Society, 2003).
111. Виды загрязнений и способы их удаления // Stroy-technics.ru : сайт. –URL: https://stroy-technics.ru/article/vidy-zagryaznenii-i-sposoby-ikh-udaleniya.
112. Виды загрязнений деталей машин // Stroy-technics.ru : сайт. –URL: https://stroy-technics.ru/article/vidy-zagryaznenii-detalei-mashin.
113. Виды загрязнений и способы их удаления // Stroy-technics.ru : сайт. –URL: https://stroy-technics.ru/article/vidy-zagryaznenii-i-sposoby-ikh-udaleniya.
114. Механические способы очистки деталей // Stroy-technics.ru : сайт. – URL: https://stroy-technics.ru/article/mekhanicheskie-sposoby-ochistki-detalei.
115. Химические способы очистки деталей // Stroy-technics.ru : сайт. – URL:https://stroy-technics.ru/article/khimicheskie-sposoby-ochistki-detalei
116. Физико-химические способы очистки деталей // Stroy-technics.ru : сайт. – URL:https://stroy-technics.ru/article/fiziko-khimicheskie-sposoby-ochistki-detalei.
117. Классификация типов загрязнений и способы их очистки // Studref.com: сайт. – URL:https://studref.com/365438/tehnika/klassifikatsiya

_tipov_zagryazneniy_sposoby_ochistki.
118. Моющие растворы и препараты // Stroy-technics.ru : сайт. – URL:https://stroy-technics.ru/article/moyushchie-rastvory-i-preparaty.
119. УАЗ-3303: технические характеристики // Trucksreview.ru : сайт. – URL: https://trucksreview.ru/uaz/uaz-3303-tehnicheskie-harakteristiki.htmlhttps ://trucksreview.ru/uaz/uaz-3303-tehnicheskie-harakteristiki.html.
120. Структура и прогноз парка легковых автомобилей в России // Autostat.ru : сайт. – URL: https://www.autostat.ru/research/product/397/.
121. Лобода, В.Российский парк грузовых автомобилей: показатели на 1 января 2020 года / В. Лобода // Autostat.ru: сайт. – URL: https://www.autostat.ru/infographics/43258/.
122. Рязанские аграрии обновляют парк сельхозтехники с помощью государственной поддержки // Fermer.ru : сайт. – URL: https://fermer.ru/news/ryazanskie-agrarii-obnovlyayut-park-selhoztehniki-s-pomoshchyu-gosudarstvennoy-podderzhki-374208.
123. Моющие средства // Studopedia.org : сайт. – URL: https://studopedia.org/8-160837.html?ysclid=lnu1xgt6h690990018.
124. Автоматическая промывочная установка АМ1000 АК // Centr-to.ru : сайт. – URL: https://centr-to.ru/good-8381-avtomaticheskaya-promyvochnaya-ustanovka-am1000-ak?ysclid=lnuk8pkibp42995568#gallery-product-card-1.
125. УАЗ-3303: технические характеристики // Trucksreview.ru : сайт. – URL: https://trucksreview.ru/uaz/uaz-3303-tehnicheskie-harakteristiki.htmlhttps ://trucksreview.ru/uaz/uaz-3303-tehnicheskie-harakteristiki.html.
126. Распоряжение губернатора Рязанской области от 1 февраля 2022 года № 28-рг // Rg.ru : сайт. – URL: https://rg.ru/documents/2022/02/03/ryazan-rasp28-reg-dok.html?ysclid=lo605mmaxc98620789/.
127. Аграрии Рязанской области обновляют парк сельхозтехники с помощью государственной поддержки // Ryazan.bezformata.com : сайт. – URL: https://ryazan.bezformata.com/listnews/agrarii-ryazanskoy-oblasti-obnovlyayut/112997333/?ysclid=lo61u9kzpx949235399
128. Расчет расходов на нагрев воды // Nagrev24.ru : сайт – URL: https://nagrev24.ru/voda/?t1=60&t2=76&vol=1000&eff=90&power=36&price=3.96.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ АI
(СПРАВОЧНОЕ)
РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕННЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Таблица А.1 – Влияние концентрации ПБА в 7%-м водном растворе «Темп-100» на степень очистки образцов из стали 45 при температуре 85-90ºС (форма таблицы из [94])

Концентрация ПБА в моющем растворе, x_i, г/л	№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, y_i, %		Смачиваемость, с	
		образца		загрязнения	образца после эксперимента, M_2	загрязнения после эксперимента, $\Delta M_2=M_2–M_0$	каждого образца	средняя по вариантам	каждого образца	средняя по вариантам
		чистого M_0	до эксперимента: с загрязнением M_1	до эксперимента: $\Delta M_1=M_1–M_0$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,0	1	46,9557	48,9414	1,9857	47,2471	0,2914	85,3268	86,01	31	30
	2	47,0254	49,1209	2,0955	47,3436	0,3182	84,8133		30	
	3	47,1735	49,0433	1,8698	47,4224	0,2489	86,6872		31	
	4	46,8674	49,0442	2,1768	47,1730	0,3056	85,9625		29	
	5	47,2516	49,404	2,1524	47,5258	0,2742	87,2602		29	
2,0	6	47,3214	49,3199	1,9985	47,5236	0,2022	89,8832	89,21	31	31
	7	46,9952	49,1808	2,1856	47,2427	0,2475	88,6753		32	
	8	47,2155	49,118	1,9025	47,4257	0,2102	88,9537		29	
	9	47,1723	49,3954	2,2231	47,4081	0,2358	89,3954		32	
	10	47,2741	49,3726	2,0985	47,5019	0,2278	89,1424		31	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3,0	11	47,2355	49,413	2,1775	47,3375	0,1020	95,3145	93,39	33	32
	12	46,9885	48,9851	1,9966	47,0856	0,0971	95,1378		32	
	13	46,8688	49,1939	2,3251	47,0363	0,1675	92,7954		32	
	14	46,9955	48,855	1,8595	47,1341	0,1386	92,5477		33	
	15	47,1258	49,382	2,2562	47,3254	0,1996	91,1546		30	
4,0	16	46,8995	49,0679	2,1684	47,0036	0,1041	95,1975	94,64	33	33
	17	47,2265	49,2132	1,9867	47,3234	0,0969	95,1237		34	
	18	47,3452	49,6506	2,3054	47,4634	0,1182	94,8741		31	
	19	47,1233	49,0895	1,9662	47,2374	0,1141	94,1945		34	
	20	46,9852	49,2437	2,2585	47,1250	0,1398	93,8102		33	
5,0	21	47,2352	49,4292	2,194	47,3048	0,0696	96,8276	97,28	35	34
	22	47,2415	49,1311	1,8896	47,2904	0,0489	97,4122		33	
	23	46,9564	49,2076	2,2512	47,0267	0,0703	96,8755		34	
	24	47,1856	49,0031	1,8175	47,2337	0,0481	97,3561		35	
	25	46,8977	49,144	2,2463	46,9443	0,0466	97,9238		33	
6,0	26	47,2952	49,2517	1,9565	47,3456	0,0504	97,4254	97,68	35	34
	27	47,2854	49,5749	2,2895	47,3487	0,0633	97,2335		34	
	28	47,3256	49,2053	1,8797	47,3777	0,0521	97,2286		35	
	29	46,8557	49,089	2,2333	46,8962	0,0405	98,1855		33	
	30	46,8225	49,0179	2,1954	46,8592	0,0367	98,3270		33	

Таблица А.2 – Статистические характеристики результатов исследований степени очистки при различных концентрациях ПБА в 7%-м растворе«Темп-100»(форма таблицы из [94])

№№ вариантов эксперимента	Концентрация ПБА в 7%-м растворе «Темп-100», x_i, %	Степень очистки, y_i ,%		Проверка принадлежности сомнительных членов совокупности	Статистические характеристики результатов выходов			
		каждого образца	средняя по вариантам		$\bar{y}$	S^2	S	ϑ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,0	85,3268 84,8133 86,6872 85,9625 87,2602	86,01	$\tau_{лев.}$= 0,21 $\tau_{прав.}$= 0,23 $\tau_{табл.}$ = 0,807.	86,01	0,9825	0,99	1,15
2	2,0	89,8832 88,6753 88,9537 89,3954 89,1424	89,21	$\tau_{лев.}$ = 0,22 $\tau_{прав.}$= 0,4 $\tau_{табл.}$ =0,807.	89,21	0,21	0,46	0,5
3	3,0	95,3145 95,1378 92,7954 92,5477 91,1546	93,39	$\tau_{лев.}$= 0,33 $\tau_{прав.}$=0,04 $\tau_{табл.}$ =0,807.	93,39	3,21	1,79	1,92
4	4,0	95,1975 95,1237 94,8741 94,1945 93,8102	94,64	$\tau_{лев.}$ = 0,09 $\tau_{прав.}$=0,89 $\tau_{табл.}$ =0,807.	94,64	0,37	0,61	0,64
5	5,0	96,8276 97,4122 96,8755 97,3561 97,9238	97,28	$\tau_{лев.}$= 0,05 $\tau_{прав.}$= 0,47 $\tau_{табл.}$ = 0,807.	97,28	0,2	0,45	0,46
6	6,0	97,4254 97,2335 97,2286 98,1855 98,3270	97,68	$\tau_{лев.}$= 0,01 $\tau_{прав.}$= 0,12 $\tau_{табл.}$ = 0,807.	97,68	0,29	0,53	0,55

Таблица А.3 – Промежуточные расчеты

№№ вариантов эксперимента, n	Концентрация ПБА в 7%-м растворе «Темп-100», x_i, %	Степень очистки, y_i ,%	${x_i}^2$	$x_i y_i$	Расчеты				$(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})$
					$x_i - \bar{x}$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	
1	1	86,01	1	86,01	-2,5	-7,025	6,25	49,35	17,56
2	2	89,21	4	356,84	-1,5	-3,825	2,25	14,63	5,74
3	3	93,39	9	840,51	-0,5	0,355	0,25	0,13	-0,18
4	4	94,64	16	1514,24	0,5	1,605	0,25	2,58	0,8
5	5	97,28	25	2432,0	1,5	4,245	2,25	18,02	6,37
6	6	97,68	36	3516,48	2,5	4,645	6,235	21,58	11,61
∑	21	460,53	165	8746,08	0	0	17,485	106,29	41,9

Таблица А.4 – Скорость коррозии, ингибиторный эффект и степень защиты стали 45 за 30 суток в 3%-м растворе NaCl в присутствии СМС «Темп-100» концентрацией 7% без добавки и с добавкой ПБА различной концентрации(форма таблицы из [94])

№№ об-раз-цов	Коррозионная среда	Концен-трация ПБА в растворе, г/л	Масса образца, г		Потеря массы образца $\Delta m=m_o-m_i$, г	Площадь образца, S, см^2	Скорость коррозии образцов, K, г/м^2·ч·10^{-3}	Среднее значение по 5 образцам		
			до опыта, m_o	после опыта, m_i				скорости коррозии, $K_{ср.}$, г/м^2·ч·10^{-3}	ингиби торного эффекта, $\gamma_{ср}$	степени защиты, $Z_{ср.}$ %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3%-й раствор NaCl (контроль)	0	46,9566	33,7645	13,1921	5,92	30,95	30,32	1,0	0
2			47,1174	33,6431	13,4743	6,08	30,78			
3			47,1956	33,8971	13,2985	6,12	30,18			
4			46,9231	34,3161	12,6070	5,86	29,88			
5			46,9815	34,1465	12,8350	5,98	29,81			
6	3%-й раствор NaCl + 7%-й раствор «Темп-100»	0	46,7425	36,8443	9,8982	5,88	23,38	23,02	1,32	24,1
7			47,2114	37,0403	10,1711	6,15	22,97			
8			46,9688	37,0420	9,9268	5,93	23,25			
9			47,2411	37,0572	10,1839	6,22	22,74			
10			46,8895	37,1063	9,7832	5,97	22,76			
11	3%-й раствор NaCl + 7%-й раствор «Темп-100»+ПБА	1	47,1955	38,3298	8,8657	6,12	20,12	19,95	1,52	34,2
12			46,9217	38,0324	8,8893	5,95	20,75			
13			47,0595	38,3724	8,6871	6,06	19,91			
14			47,1152	38,7924	8,3228	6,10	18,95			
15			46,8112	38,3499	8,4613	5,87	20,02			

Продолжение таблицы А4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16			47,1824	39,3342	7,8482	6,11	17,84			
17			46,9617	39,4872	7,4745	5,98	17,36			
18		2	47,0685	39,3151	7,7534	6,06	17,77	17,65	1,72	41,8
19			46,8210	39,6450	7,1760	5,88	16,95			
20			46,9215	39,0557	7,8658	5,96	18,33			
21			47,2530	40,1058	7,1472	6,12	16,22			
22			47,3845	40,2776	7,1069	6,15	16,05			
23		3	47,0090	40,3371	6,6719	5,99	15,47	16,12	1,88	46,8
24			46,8955	39,5847	7,3108	5,90	17,21			
25			47,3955	40,4431	6,9524	6,17	15,65			
26			47,1922	40,7219	6,4703	6,13	14,66			
27			46,7010	40,6313	6,0697	5,92	14,24			
28		4	46,9214	40,4078	6,5136	5,94	15,23	14,55	2,08	52,0
29			47,4034	41,1929	6,2105	6,17	13,98			
30			47,1105	40,7649	6,3456	6,02	14,64			
31			47,2451	41,1422	6,1029	6,12	13,85			
32			47,1830	41,4391	5,7439	6,03	13,23			
33		5	46,5564	40,5862	5,9702	5,86	14,15	13,57	2,23	55,24
34			46,7102	41,1947	5,5155	5,92	12,94			
35			47,0581	41,1385	5,9196	6,01	13,68			

Продолжение таблицы А4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
36			46,9152	40,9261	5,9891	5,98	13,91			
37			47,1422	40,8293	6,3129	6,11	14,35			
38		6	47,1511	41,2823	5,8688	6,02	13,54	13,82	1,93	54,4
39			46,7852	40,6968	6,0884	5,93	14,26			
40			47,1995	41,4536	5,7459	6,12	13,04			

Таблица А.5 – Моющая способность 7%-х водных растворов Темп-100 без добавки и с добавкой ПБА концентрацией 0,5% при различных температурах мойки

№№ опытов	Температура моющего раствора, ºС	Моющая способность 7%-х растворов, %			
		Темп-100		Темп-100 + ПБА концентрацией 0,5%	
		по образцам	среднее значение по 5 образцам	по образцам	среднее значение по 5 образцам
1	2	4	5	6	7
1	10	9,7	10,2	13,5	14,1
2		10,3		14,2	
3		11,1		14,7	
4		10,7		13,9	
5		9,2		14,2	
6	20	14,2	14,7	23,8	23,4
7		14,9		22,9	
8		15,3		23,5	
9		14,5		24,0	
10		14,6		22,8	
11	30	15,9	16,3	34,0	34,2
12		16,7		33,7	
13		16,4		35,1	
14		15,8		34,2	
15		16,7		34,0	
16	40	21,0	20,6	48,1	48,2
17		20,4		48,8	
18		20,8		47,9	
19		20,5		47,5	
20		20,3		48,7	
21	50	28,0	28,4	60,8	61,3
22		28,5		61,5	
23		28,9		62,0	
24		29,0		61,0	
25		27,6		61,2	

Продолжение таблицы А5

1	2	4	5	6	7
26		42,6		69,1	
27		41,9		70,3	
28	60	42,2	42,3	68,5	69,3
29		43,1		69,7	
30		41,7		68,9	
31		62,1		86,7	
32		61,5		85,8	
33	70	61,9	61,6	87,2	86,5
34		61,1		87,0	
35		61,4		85,8	
36		78,0		96,0	
37		78,8		96,2	
38	80	77,6	78,2	97,3	96,3
39		79,3		96,7	
40		77,3		95,3	
41		83,6		97,7	
42		84,0		97,1	
43	90	82,9	83,3	96,8	97,3
44		83,0		96,6	
45		83,0		98,3	
46		80,5		95,0	
47		81,1		96,2	
48	100	80,8	81,2	95,5	95,1
49		81,7		94,4	
50		81,9		94,4	

ПРИЛОЖЕНИЕ АII

(СПРАВОЧНОЕ)

Программа

для вычисления скорости коррозии по результатам лабораторных исследований

$$K = \frac{M_1 - M_2}{2[b(a+c)+ac]-\pi d\left(\frac{d}{2}-c\right)} \cdot \frac{1}{T} \cdot 10000 \cdot 8760, \text{г/м}^2 \cdot \text{год},$$

где c, T, d – постоянные значения в каждой серии экспериментов.

```
Private Sub Command1_Click()
Dim i As Integer
Dim a, b, c, d, k,

‘ Константы
c=0.1
Pi=3.14
d=0.5
T=45

‘ Чтение данных из файла и вычисление скорости коррозии
Open “D:\Data.txt” For Input As #1
Do Until EOF(1)
Input #1, a, b, M1, M2
k=M1-M2
k=k/(2*(b*(a+c)+a*c)-Pi*d*(d/2-c))
k=k/T*10000*8760
Print “k=”; k
Loop
Close #1
```

EndSub

Контрольный расчет:

$$M_1 = 20{,}16425$$

$$M_2 = 20{,}15595$$

$$a = 10{,}01$$

$$b = 3{,}00$$

$$K = 258{,}82$$

Схема образца:

M1, M2 – масса образца до и после экспериментов, г;

T – продолжительность экспозиции;

a, b, c, d – линейные размеры образца, см.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(СПРАВОЧНОЕ)

ДОКУМЕНТЫ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫПОЛНЕННЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УТВЕРЖДАЮ

Ген. директор ООО «Рассвет»
_____ А.М. Ростилов
«20» декабря 2023 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы Степановой Екатерины Ивановны на тему: «Совершенствование мойки деталей при ремонте машин в агропромышленном комплексе», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1 – Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

Я, нижеподписавшийся, механик ООО «Рассвет» Федулин М.Н. составил настоящий акт в том, что результаты диссертационной работы Степановой Е.И. на тему: «Совершенствование мойки деталей при ремонте машин в агропромышленном комплексе» внедрены в процессы ТО и ремонта автотракторной и сельскохозяйственной техники в ООО «Рассвет» (391007, Рязанская область, Клепиковский район, с. Давыдово).

Использование разработанной автором многокомпонентного раствора на основе 7%-го синтетического средства Темп-100 с добавкой пентабората аммония концентрацией 5 г/л при мойке деталей агрегатов автотракторной техники позволило повысить степень очистки деталей (до 97,3%), что положительно повлияло на повышение качества ремонта и ресурса отремонтированной техники, а также сокращение материальных и трудовых затрат в ремонтном производстве.

Механик _____ М.Н. Федулин

«20» декабря 2023 г.