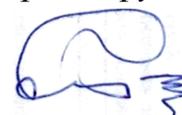


Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева»

На правах рукописи



ФАДЕЕВ ИВАН ВАСИЛЬЕВИЧ
**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА МОЙКИ ПРИ РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЕЙ В
СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Диссертация

на соискание ученой степени доктора технических наук

Специальность: 05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в
сельском хозяйстве

Научный консультант
доктор технических наук,
профессор Н. В. Бышов

Рязань, 2019

АННОТАЦИЯ

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

В первой главе обоснована необходимость мойки и очистки узлов, агрегатов и деталей в технологических процессах ТО и ремонта мобильной техники, выявлены основные факторы, вызывающие загрязнение поверхностей деталей машин, описано влияние условий эксплуатации на работу узлов и агрегатов, приведена классификация загрязнений, выполнен анализ способов, методов и средств мойки узлов, агрегатов и деталей мобильной техники в технологических процессах ремонта, рассмотрены их преимущества и недостатки, представлены краткие характеристики наиболее используемых для этих целей СМС, оборудования и описан технологический процесс мойки узлов, агрегатов и деталей мобильной техники.

Во второй главе проведены теоретические исследования оптимизации параметров технологического процесса мойки при ремонте мобильной техники.

В третьей главе представлены разработанные методики проведения лабораторных и производственных экспериментов по определению моющих и противокоррозионных свойств исследуемых композиций моющих растворов гравиметрическим, электрохимическим и потенциостатическим методами.

В четвертой главе проведены лабораторные исследования по определению оптимальной концентрации исследуемых СМС в водных растворах и предварительному выбору СМС.

В пятой главе проведены экспериментальные исследования по обоснованию оптимальных параметров технологического процесса мойки (продолжительность, температура и состав моющего раствора по включенным компонентам и их концентрации), выбору добавки по степени влияния на

моющую и противокоррозионную способность растворов СМС, влияния добавок на снижение энергозатрат при мойке деталей, зависимости степени очистки от соотношения компонентов в моющем растворе, а также решена двухкритериальная задача выбора моющего средства и его концентрации.

В шестой главе обоснован выбор марки автомобиля для подконтрольной эксплуатации на основе изучения автомобильного парка РФ и ЧР.

Сформулировано заключение.

Приведен библиографический список источников, цитируемых автором в работе.

В приложениях представлены документы, подтверждающие техническую новизну моющих средств, применяемых для мойки и очистки узлов, агрегатов и деталей, документы о внедрении результатов выполненных научных исследований.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	8
ГЛАВА 1 Современное состояние проблемы и задачи исследования.....	17
1.1 Моечные работы в структуре технологических процессов ремонта.	17
1.2 Основные факторы, вызывающие загрязнения узлов, агрегатов и деталей мобильной техники.....	24
1.3 Влияние условий эксплуатации на работу узлов и агрегатов мобильной техники.....	31
1.4 Классификация загрязнений.....	37
1.5 Способы очистки и мойки поверхностей агрегатов, узлов и деталей в процессе ремонта.....	44
1.6 Моющие составы и их свойства.....	64
1.7 Выводы по первой главе, постановка цели и задач исследования..	75
ГЛАВА 2 Теоретические исследования оптимизации параметров технологического процесса мойки при ремонте мобильной техники.....	77
2.1 Анализ влияния факторов условий эксплуатации на ресурс мобильной сельскохозяйственной техники.....	77
2.2 Теоретическое обоснование совершенствования технологического процесса мойки для повышения ресурса мобильной сельскохозяйственной техники при ее ремонте.....	99
2.3 Механизм моющего действия растворов при мойке загрязненных поверхностей деталей в технологическом процессе ремонта машин.....	109
2.4 Улучшение противокоррозионных свойств растворов синтетических моющих средств.....	136
2.5 Многокритериальная задача выбора моющего раствора.....	143
2.6 Выводы по главе 2.....	150

ГЛАВА 3 Методика проведения экспериментальных исследований.....	154
3.1 План экспериментальных исследований соотношения синтетических моющих средств и активизирующих добавок в моющих растворах.....	154
3.2 Устройство и методика использования усовершенствованной моечной установки	163
3.3 Методика подготовки экспериментальных образцов.....	167
3.4 Обоснование выбора состава моющего раствора для улучшения его моющих и ингибиторных свойств.....	172
3.5 Методика исследования влияния ингибиторов на коррозионно-усталостную прочность стали	175
3.6 Методика электрохимических исследований коррозии металлов	179
3.7 Выводы по главе 3.....	185
ГЛАВА 4 Определение оптимальной концентрации синтетических моющих средств в моющих растворах	189
4.1 Определение оптимальной концентрации Лабомида-203 в водном растворе	189
4.2 Определение оптимальной концентрации МС-8 в водном растворе.....	200
4.3 Определение оптимальной концентрации МЛ-51 в водном растворе.....	202
4.4 Сравнительный анализ и предварительный выбор синтетического моющего средства	207
4.5 Выводы по главе 4.....	213
ГЛАВА 5 Обоснование параметров технологического процесса мойки изделий	214
5.1 Определение продолжительности процесса мойки	214
5.2 Определение температуры моющего раствора	218

5.3	Исследование и выбор активирующей добавки по степени влияния на моющую способность растворов синтетических моющих средств	220
5.4	Исследование влияния активизирующих добавок на снижение энергозатрат при мойке агрегатов, узлов и деталей	227
5.5	Исследование и выбор активизирующей добавки по степени влияния на противокоррозионные свойства изделий	233
5.6	Исследование влияния активизирующих добавок на коррозионно-усталостную прочность стали в растворах синтетических моющих средств	246
5.7	Результаты исследования зависимости степени очистки от соотношения компонентов в многокомпонентном моющем растворе	248
5.8	Решение двухкритериальной задачи выбора моющего средства и его концентрации	251
5.9	Выводы по главе 5	255
ГЛАВА 6 Подконтрольная эксплуатация автомобилей с отремонтированными двигателями		260
6.1	Методика и организация производственного внедрения разработанной технологии и подконтрольной эксплуатации автомобилей	260
6.2	Обоснование выбора автомобилей для подконтрольной эксплуатации	267
6.3	Анализ результатов подконтрольной эксплуатации автомобилей	278
6.4	Расчет экономической эффективности результатов исследования	286
6.5	Выводы по главе 6	296
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		298
Список сокращений и условных обозначений		302
Список литературы		303
Приложения		341

Приложение А (справочное) Документы, подтверждающие техническую новизну моющих средств, применяемых для мойки и очистки узлов, агрегатов и деталей.....	342
Приложение В (справочное) Результаты выполненных научных исследований	346
Приложение С (справочное) Документы о внедрении результатов выполненных научных исследований	386
Приложение D (справочное) Документы, подтверждающие степень достоверности и апробации результатов исследований.....	393

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Для поддержания мобильной техники в работоспособном состоянии и восстановления ее технических характеристик, предупреждения прогрессирующего износа сопряжений проводят ремонт – комплекс технических операций и организационных действий по восстановлению исправного или работоспособного состояния и восстановлению ресурса мобильной техники или ее составных частей [48, 49, 51, 54, 254].

Технологические процессы ремонта машин предусматривают наружную мойку снятых агрегатов и мойку отдельных деталей после разборки с использованием синтетических моющих средств (СМС). Мойка и очистка загрязненных поверхностей агрегатов, узлов и деталей являются одной из наиболее непривлекательной частью технологических процессов ремонта. Выпускаемые промышленностью и используемые в настоящее время в ремонтном производстве на сельскохозяйственных и транспортных предприятиях СМС имеют низкие моющие и противокоррозионные свойства, а также отрицательно влияют на здоровье работников и окружающую среду, так как в своем составе они содержат токсичные вещества, например, хроматы, добавляемые для улучшения их ингибиторных свойств [154].

Неэффективный технологический процесс мойки снижает качество ремонта, ресурс отремонтированных машин и их агрегатов на 20-50%, производительность труда – до 8% [147, 171, 223, 224], вызывает неоправданные трудовые и материальные затраты и отрицательно воздействует на здоровье работников, окружающую среду.

В связи с этим совершенствование технологического процесса мойки и повышение его эффективности является **актуальной** и значимой научно-технической проблемой, имеющей важное значение для сельского хозяйства и экономики страны.

Научная гипотеза. Эффективность технологического процесса мойки при ремонте автомобилей может быть повышена путем оптимизации его

параметров (продолжительности процесса, температуры моющего раствора и его состава по наличию СМС, нетоксичных активизирующих добавок и их концентрации), что обеспечит максимальное качество очистки и повышение противокоррозионной защиты агрегатов, узлов и деталей мобильной техники при снижении материальных и трудовых затрат.

Степень разработанности темы исследования. Одним из основных факторов загрязнения машин, их агрегатов, узлов и деталей является пленка влаги, постепенно адсорбируемой из воздуха при сравнительно высокой относительной влажности воздуха, в сочетании с механическими и химическими (сернистый газ, двуокись азота, фенол, формальдегид, растворимые сульфаты, окись азота, хлор и др.) примесями [259, 260, 261, 266]. Загрязнения, в большинстве случаев их смеси, осаждаются и на наружных, и на внутренних поверхностях изделий, провоцируя процессы коррозии и снижая ресурс машин и их агрегатов.

Вопросам совершенствования процессов очистки и мойки, а также защиты от коррозии деталей, узлов и агрегатов мобильной техники значительное внимание уделяли и уделяют российские и зарубежные ученые Н.В. Бышов, Л.М. Гуревич, Б.П. Загородских, В.И. Карагодин, М.Б. Латышенко, Б.Б. Нефедов, В.М. Приходько, Н.С. Серпокрылов, Н.Ф. Тельнов, А.В. Шемякин, В.М. Юдин, K.S. Rojagoplan, L. Yang и многие другие, так как решение этих вопросов позволяет существенно увеличить ресурс и сохраняемость машин.

Настоящая работа базируется на трудах и научных достижениях в области очистки и мойки, а также защиты от коррозии машин и их агрегатов ученых Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) (бывший Государственный Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка (ГОСНИТИ) Л.М. Гуревича [63], Б.Б. Нефедова [155], А.Е. Северного [226, 227, 228] и других, Российского государственного аграрного университета

– МСХА имени К.А. Тимирязева, где этой проблемой занимается коллектив ученых под руководством доктора технических наук, профессора Н.Ф. Тельнова [244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252], Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева докторов технических наук, профессоров Н.В. Бышова [26, 27, 28, 29, 30], М.Б. Латышенока [127, 128, 129] и А.В. Шемякина [315], Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) профессоров, докторов технических наук, член-корреспондента РАН В.М. Приходько [185], В.И. Карагодина [95, 96, 97] и их учеников [17, 122] а также исследования на уровне диссертаций [38, 40, 75, 102, 139, 141, 163, 173, 186, 210, 237, 238, 243, 277, 315, 316, 326]. Однако исследования в области мойки и очистки, а также защиты от коррозии металлических поверхностей односторонние, проводятся обособленно друг от друга [6, 9, 38, 41, 107, 108, 150, 169, 171, 174, 175, 204, 205, 210, 227, 269, 270, 317]. По мнению академика П.А. Ребиндера [195], существующие технологии очистки и мойки далеки от оптимальных, 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.

В данной работе впервые сделана попытка объединения этих двух направлений: повышения моющих и противокоррозионных свойств растворов и проведения комплексного исследования, так как при мойке и очистке машин и их агрегатов нельзя исключать вопросы коррозии и защиты от коррозии, и наоборот.

Как следует из вышеизложенного, решение проблемы повышения эффективности технологического процесса мойки при ремонте узлов и агрегатов мобильной техники в первую очередь связано с применением научно-обоснованных параметров разрабатываемого технологического процесса мойки, которое способствует повышению производительности труда,

экологичности процесса мойки, качества дефектовочных работ, коррозионной стойкости деталей, сроков их службы, улучшению условий труда, моющих и ингибиторных свойств растворов СМС, что обеспечивает экономию трудовых и материальных затрат в ремонтном производстве.

Цель исследования – повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

1. Выявить резервы повышения эффективности технологического процесса мойки для снижения материальных и трудовых затрат при ремонте автомобилей.

2. Сформировать концепцию оптимизации технологического процесса мойки, обосновать параметры оптимизации, выявить влияющие на них факторы и разработать методы оптимизации.

3. Реализовать комплексный подход к исследованиям технологического процесса мойки мобильной техники и ее составных частей при одновременном учете необходимости тщательной мойки поверхностей перед ремонтом и надежной защиты от коррозии.

4. Провести экспериментальные исследования по выявлению зависимостей параметров оптимизации технологического процесса мойки от влияющих на них факторов, установить закономерности изменения моющих и противокоррозионных свойств СМС и специальных добавок в растворы. Экспериментально обосновать области оптимальных значений факторов технологического процесса мойки.

5. Провести производственную проверку полученных результатов и рассчитать экономическую эффективность результатов исследования.

Объект исследования: технологический процесс мойки при ремонте узлов и агрегатов мобильной техники.

Предмет исследования. Параметры технологического процесса мойки деталей узлов и агрегатов мобильной техники (продолжительность процесса,

температура моющего раствора и его состав по наличию СМС, добавок и их концентраций) в связи с характеристиками и свойствами очищаемых поверхностей деталей и их загрязнений, эффективностью СМС и добавок к ним.

Научная новизна работы:

– сформирована новая концепция оптимизации технологического процесса мойки мобильной техники и ее составных частей при одновременном учете двух параметров оптимизации: степени очистки и коррозионной стойкости поверхностей деталей с целью снижения материальных и трудовых затрат при ремонте мобильной техники;

– экспериментально доказана целесообразность использования в качестве добавок в моющие составы соединений бора (боратов), которые по степени опасности относятся к 4-му классу, в отличие от применяемых хроматов, относящихся ко 2-му классу;

– получены зависимости степени очистки, скорости коррозии, ингибиторного эффекта и степени защиты стали в различных моющих растворах от продолжительности мойки, температуры моющего раствора и концентраций СМС и используемых добавок;

– в результате решения двухкритериальной задачи обоснованы параметры технологического процесса мойки, обеспечивающие степень очистки поверхностей деталей до 97,9% и коррозионную стойкость (продолжительность времени до появления первых очагов коррозии на поверхности вымытых деталей) до 22 суток;

– экспериментально доказано влияние параметров технологического процесса мойки на качество очистки и противокоррозионную стойкость агрегатов, узлов и деталей мобильной техники.

Теоретическая и практическая значимости работы. Теоретическая значимость работы заключается в том, что в результате теоретических и экспериментальных исследований: выявлены зависимости параметров оптимизации технологического процесса мойки от влияющих на них факторов;

установлены закономерности изменения моющих и противокоррозионных свойств растворов СМС и специальных добавок в растворы; обоснованы области оптимальных значений факторов технологического процесса мойки; доказана целесообразность использования в качестве добавок для повышения моющих и противокоррозионных свойств растворов соединений бора (боратов).

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты экспериментальных исследований, расчетов, их обсуждений, разработанные математические модели, выводы были использованы при разработке моющих и противокоррозионных средств, внедренных в производство в ГУП ЧР «Чувашавтотранс» Министерства транспорта и дорожного хозяйства Чувашской Республики (ЧР), ООО «Чебоксары-Лада», ООО «Альянс Ко», СХПК – колхоз им. Ленина Чебоксарского района ЧР, ООО «АвтоБосс». Результаты исследования предлагаются к использованию в сельском хозяйстве и транспортной отрасли при организации технологических процессов ремонта узлов и агрегатов мобильной техники, а также в учебных процессах ВУЗов, СУЗов.

По результатам теоретических и экспериментальных исследований получены патенты РФ № 2572125, № 2614504, № 2620593, № 2629023.

Реализация результатов исследований. Предложенный автором способ повышения эффективности технологического процесса мойки узлов, агрегатов и деталей при ремонте автомобилей путем обоснования его структуры и параметров используются в ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева», ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», ГАПОУ «Чебоксарский техникум ТрансСтройТех Минобразования Чувашии».

Разработанные моющие и противокоррозионные средства, внедрены в производство в нескольких сельскохозяйственных предприятиях и организациях Чувашской Республики.

Методология и методы исследований. Исследования проводились на основе применения методов физико-химического, корреляционного и регрессионного анализа, математического моделирования, теории планирования экспериментов, теории вероятностей и математической статистики.

В лабораторных и производственных условиях исследования проводились по частным разработанным методикам, в основу которых положены нормативно-технические документы. Моющая способность растворов СМС, изменение усталостной прочности стали определялись на оригинальных лабораторных установках. Коррозионные потери образцов металла, моющие свойства и смачиваемость составов исследовались гравиметрическим, электрохимическим и потенциодинамическим методами в растворе хлористого натрия и растворах СМС без и с добавкой соединений бора в качестве ингибиторов коррозии и активаторов моющих свойств растворов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Концепция оптимизации технологического процесса мойки, основанная на комплексном подходе к исследованиям технологического процесса мойки машин и их составных частей при одновременном учете двух параметров оптимизации: степени очистки и коррозионной стойкости поверхностей деталей перед ремонтом.

2. Метод снижения энергозатрат на поддержание оптимальной температуры моющего раствора.

3. Зависимости степени очистки, скорости коррозии, ингибиторного эффекта и степени защиты стали в различных моющих растворах от продолжительности мойки, температуры моющего раствора, концентраций СМС и используемых добавок.

4. Результаты решения двухкритериальной задачи по обоснованию параметров технологических процессов мойки: продолжительности мойки, температуры моющего раствора и концентраций СМС и используемых добавок.

5. Закономерности влияния параметров технологического процесса мойки на его эффективность.

Степень достоверности результатов исследования. Проведение лабораторных и производственных экспериментальных исследований с применением современных методов моделирования, средств измерений и методов обработки данных позволило получить обоснованные, достоверные и соответствующие теме диссертации результаты исследования и общие выводы.

Апробация результатов исследования. Основное содержание диссертационной работы излагалось, обсуждалось и было одобрено на научно-практических конференциях *международных*: «Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств» (г. Владимир, ВлГУ им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, 2014 г.), «Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире» (г. Санкт-Петербург, 2015 г.), МЦИИ ОМЕГА САЙНС (г. Сызрань, 2016 г.), «Проблемы эксплуатации автомобильного транспорта и пути их решения на основе современных информационно-коммуникационных и энергосберегающих технологий» (г. Воронеж, ВГАУ им. императора Петра I, 2016 г.), «Современные технологии в машиностроении и литейном производстве» (г. Чебоксары, ЧГУ им. И.Н. Ульянова, 2018 г.), *всероссийских*: «Повышение эффективности механизации сельскохозяйственного производства» (г. Чебоксары, ЧГСХА, 2011 г.), «Наука, производство, образование: состояние и направления развития» (г. Чебоксары, ЧГПУ им. И.Я. Яковлева, 2012, 2017, 2019 гг.), «Транспортные системы Сибири: проблемы безопасности» (г. Красноярск, СФУ, 2013 г., с международным участием), «Перспективы развития технического сервиса в агропромышленном комплексе» (г. Чебоксары, ЧГСХА, 2014 г.), «Современное состояние прикладной науки в области механики и энергетики» (г. Чебоксары, ЧГСХА, 2016 г.), «Проектирование и перспективные технологии в машиностроении, металлургии и их кадровое обеспечение» (г. Чебоксары, ЧГУ им. И.Н. Ульянова, 2017 г.), *межрегиональных*: «Дорожно-транспортный комплекс: состояние, проблемы и перспективы развития» (г. Чебоксары,

Волжский филиал МАДИ, 2011-2018 гг.), *научно-методической и научно-исследовательской*: «Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта» (г. Москва, МАДИ, 2015-2018 гг.), *научно-технической конференции имени Н.В. Попова*: «Техника, дороги и технологии: перспективы развития», (г. Чебоксары, Волжский филиал МАДИ, 2013-2017 гг.).

Личный вклад соискателя. Разработаны лично соискателем: методы повышения эффективности технологического процесса мойки при ремонте, моющих и противокоррозионных свойств растворов СМС. Автором выполнены работы по планированию и проведению экспериментов исследования, статистической обработке и анализу полученных результатов, разработке рекомендаций для сельскохозяйственных предприятий, а также предприятий, эксплуатирующих, ремонтирующих и обслуживающих мобильную технику, применяющих в ремонтном производстве моющие средства.

Публикации. Основное содержание диссертации отражено автором в 45 печатных работах, в том числе: в 3-х статьях в изданиях Scopus и Web of Science, 21 статье в изданиях, рекомендованных ВАК, 4-х научных монографиях, 4-х патентах РФ на изобретение. Объем публикаций составляет 58,68 усл. п. л., в т.ч. авторская доля – 49,42 усл. п. л.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, библиографического списка, включающего 342 наименования, в том числе 16 на иностранных языках и 4-х приложений на 54 страницах. Работа изложена на 395 страницах, включает 92 таблицы и 85 рисунков.

ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Моечные работы в структуре технологических процессов ремонта

Транспорт является важнейшим элементом производственной инфраструктуры государства, в том числе и сельского хозяйства, от устойчивого и эффективного функционирования которого зависит стабилизация, подъем и структурная перестройка экономики, обеспечение целостности, национальной безопасности и обороноспособности страны, улучшение условий и уровня жизни населения [148]. Необходимость устойчивого экономического развития выдвигает в число приоритетов повышение эффективности функционирования автомобильного транспорта в условиях современного сельского хозяйства РФ [125], которое может быть реализовано совершенствованием технологических процессов ремонта и обслуживания. Технологические процессы ремонта представляют собой часть производственного процесса, которая связана с выполнением основных работ по ремонту агрегатов транспортных средств и включает: наружную мойку, разборку транспортных средств на узлы и агрегаты, их очистку и мойку, разборку агрегатов, узлов на составляющие детали, мойку деталей, дефектацию, восстановление и ремонт деталей, сборку и испытание агрегатов, окраску, установку на автомобиль [209, 211] (рисунок 1.1). Все эти технологические операции выполняются в определенной последовательности в соответствии с технологией и организацией работ [73, 95, 199].

В процессе работы в условиях окружающей среды поверхности деталей, узлов и агрегатов транспортных средств загрязняются, что приводит к ухудшению их эксплуатационных характеристик: мощности двигателя, эффективности фильтров, радиаторов, перерасходу топлива и масел, повышенному абразивному изнашиванию в трущихся частях, следствием которого является нарушение посадки в сопряжениях. Все это снижает ресурс агрегатов и транспортного средства в целом. В связи с этим технологический

процесс мойки узлов и агрегатов не только при эксплуатации, но и при их ремонте имеет первостепенное значение.

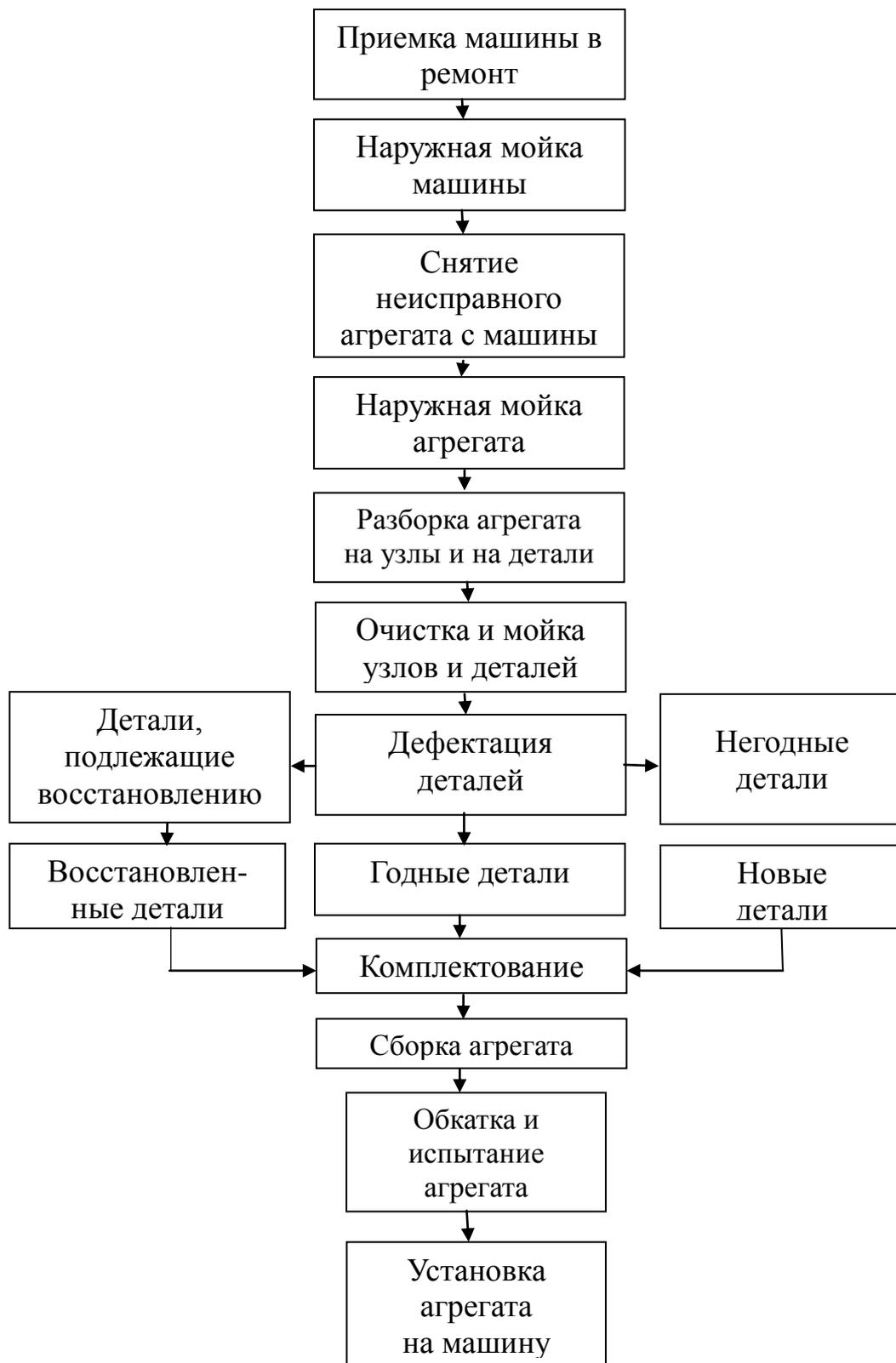


Рисунок 1.1 – Структурная схема технологического процесса ремонта агрегатов мобильной техники

Узлы и агрегаты транспортных средств при сдаче в капитальный ремонт имеют различные загрязнения. Каждое загрязнение имеет свои условия формирования, поэтому отличается от других загрязнений физико-механическими свойствами. Технология ремонта узлов и агрегатов неисправной мобильной техники предусматривает их наружную мойку, а после разборки – мойку и очистку деталей перед дефектовкой [31, 32].

Мойка – это совокупность физико-химических процессов, приводящих к очистке поверхностей твердых тел от различного рода загрязнений.

Очистка – это процесс удаления загрязнений с поверхности изделий химическим, физико-химическим, тепловым и механическим воздействием до определенного уровня ее чистоты [12, 33].

Мойка и очистка деталей в процессе ремонта агрегатов транспортных средств преследуют цели:

- повышение качества ремонта, производительности труда, культуры производства и улучшение санитарно-гигиенических условий работы;

- повышение точности измерений геометрических и физико-механических показателей деталей; качественная подготовка поверхности деталей для нанесения лакокрасочных и противокоррозионных покрытий;

- повышение коррозионной стойкости деталей для обеспечения их сохранности в межоперационный период хранения и в процессе эксплуатации [42, 96].

В технологических процессах ремонта трудоемкости мойки и очистки составляют около 10% от общей трудоемкости [14, 19, 139]. На сооружение изолированных помещений, цехов и поточных линий для выполнения моечных и очистных работ, на очистные сооружения, сливные магистрали и оборудование приходится 20% от капитальных затрат на обеспечение функционирования предприятия. На мойку ежегодно расходуются десятки тысяч тонн моющих средств, задействованы огромные людские ресурсы [34].

На рисунке 1.2 приведены сведения о наличии основных видов сельскохозяйственной техники в РФ за 1990-2017 гг., тыс. единиц, которая должна поддерживаться в работоспособном состоянии за счет технологических процессов ТО и ремонта, включающих операции мойки и очистки деталей, узлов и агрегатов.

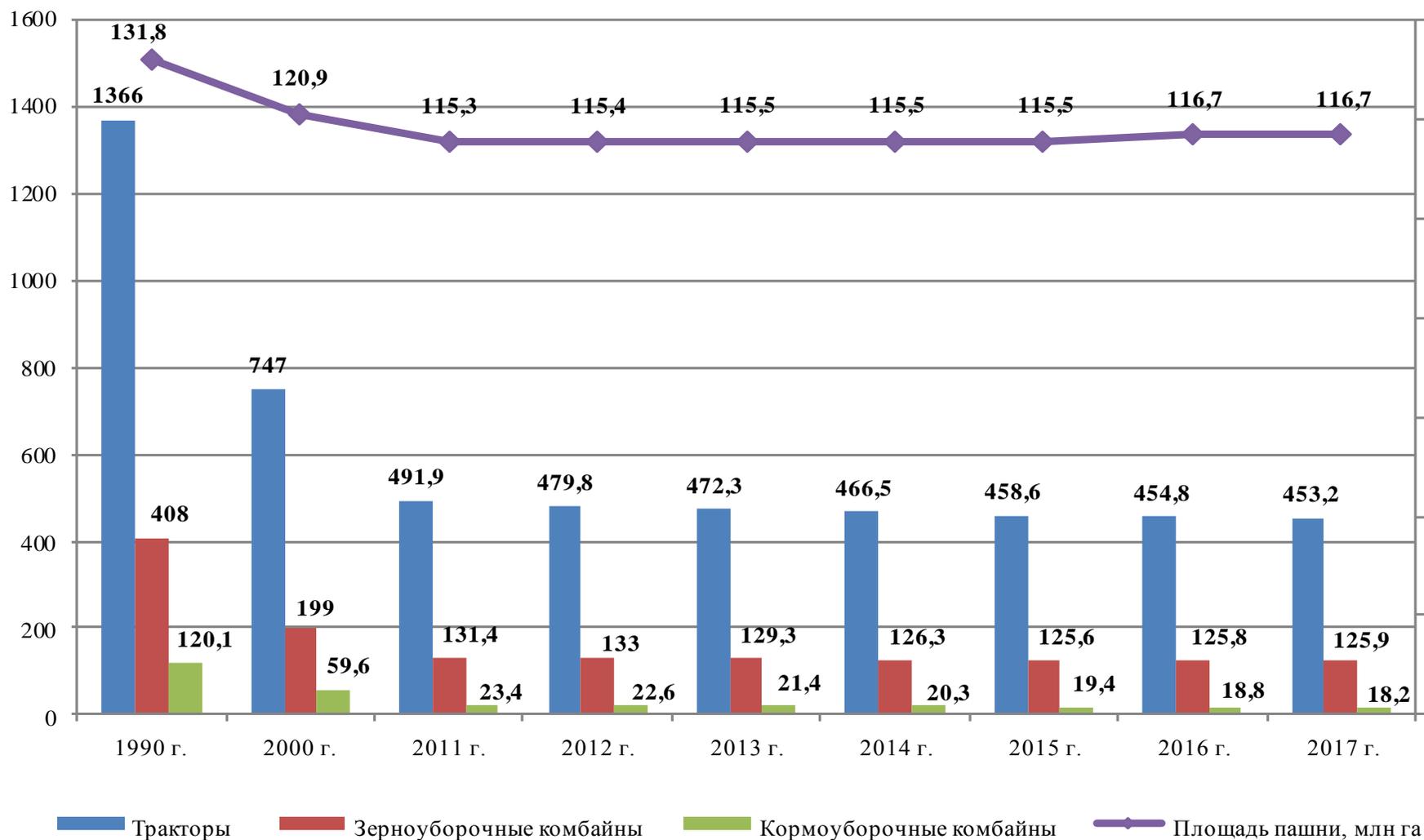


Рисунок 1.2 – Наличие основных видов сельскохозяйственной техники РФ 1990-2017 гг., тыс. единиц
(по данным <http://atf.rosspetsmash.ru/>)

В моечных и очистных работах занято 4% ремонтно-обслуживающего персонала предприятий и именно эти работы вносят основной вклад в негативное влияние ремонтного производства сельскохозяйственных и транспортных предприятий на окружающую среду и здоровье работников.

По данным, опубликованным на сайте Чувашстата, к концу 2014 г. в Чувашской Республике (ЧР) количество моечных установок и машин в ремонтно-обслуживающих предприятиях составило около 500 единиц, с общей установленной мощностью электродвигателей и водонагревателей около 8400 кВт. Было израсходовано почти 200,0 тонн моющих средств, очисткой и мойкой транспортных средств занималось около 750 рабочих.

Отсюда вытекает необходимость обеспечения высокой механизации выполнения моечных работ для повышения производительности труда, а также снижения объема ручного труда, характеризуемого повышенной загрязненностью, сыростью, некомфортностью рабочего места, требующего применения спецодежды (прорезиненная одежда, сапоги, рукавицы, защитные очки). Разукрупнение СХП и транспортных предприятий привело к созданию множества мелких предприятий [24], что, к сожалению, не способствует процессу высокой механизации выполнения моечных работ.

Качественная очистка поверхности деталей от всех видов загрязнений способствует повышению качества работ при дефектовке, срока службы деталей, снижению вероятности появления брака. Велика роль мойки и очистки поверхности перед восстановлением детали, нанесением лакокрасочных и защитных покрытий [57, 321, 322, 323, 324].

Некачественная очистка поверхности деталей, узлов и агрегатов снижает производительность труда и качество их ремонта. Только повышением степени очистки поверхности ремонтируемых объектов можно на 20-30% повысить их ресурс и на 15-20% – производительность труда на разборочно-сборочных работах [248, 333]. Результаты некачественной очистки поверхности деталей выражаются интенсивным износом поверхностей (царапины, риски, задиры) по причине трения в процессе их приработки, особенно на первоначальном этапе

эксплуатации [4].

Анализируя состав, свойства и механизм образования некоторых загрязнений [248, 250, 252, 328], нужно отметить пути повышения качества мойки деталей: предупреждение возможности появления загрязнений или ослабление их адгезии к поверхности металла; разработка и применение в ремонтном производстве прогрессивных способов мойки (очистки) агрегатов, узлов и деталей машин [162].

Наружная мойка мобильной техники, заезжающей на ремонт узлов и агрегатов, выполняется на уборочно-моечном участке [214], для чего чаще используется гидродинамическая мойка (струйный метод мойки под высоким давлением). Струйную мойку производят холодной или теплой (25-30°C) водой для удаления с наружных поверхностей транспортных средств пыли, грязи и маслянисто-грязевых отложений при содержании в них не более 35% масла [227, 229, 231, 246]. Чтобы не вызывать разрушение окраски, разница температур воды и наружной поверхности транспортного средства должна быть не больше 18-20°C. Качество проведения моечных работ струйным способом зависит от силы удара струи воды (динамического давления струи), расхода и температуры воды, используемых моющих средств. Очистительная способность струи характеризуется силой удара об очищаемую поверхность, которая в свою очередь определяется давлением, расходом воды, формой струи, расстоянием от сопла до поверхности. Сила удара струи прямо пропорциональна объему расходуемой воды, а также ее давлению [181]. В связи с этим и в целях экономии расхода воды для повышения силы удара струи выгоднее и эффективнее повышение давления истечения воды. При повышении давления воды, если даже и не повышать расхода воды, динамическое давление струи значительно увеличивается [230]. Уменьшая расстояние от сопла до поверхности обмываемого изделия, можно увеличить силу удара струи и наоборот. Повышение давления воды перед соплом приводит к повышению производительности насоса.

Использование подогретой воды снижает когезионные и адгезионные

силы загрязнений и способствует повышению степени очистки поверхности мобильной техники. Выбор температуры зависит от вида и состава загрязнений.

В процессе эксплуатации каждое транспортное средство загрязняется сложными по структуре и составу, содержащими остатки ГСМ и продукты их термического превращения загрязнениями. Масса загрязнений одного транспортного средства может составлять 60 кг и более [103, 104]. В связи с этим вода, используемая для мойки транспортных средств загрязняется и представляет определенную опасность для здоровья человека и окружающей среды [62]. Поверхности транспортных средств в основном имеют сложную конфигурацию. По этой причине и по причине высокой адгезии загрязнений с поверхностью для качественной очистки необходимо использовать специальные моющие средства [107].

Преимуществом струйного способа мойки является его простота, возможность быстрой корректировки параметров процесса мойки, сохранность ЛКП при мойке, возможность использования для всех типов мобильной техники.

Одним из недостатков струйного способа мойки является то, что на обмываемой поверхности в пленке воды удерживаются мелкие частицы пыли, которые после высыхания пленки воды проявляются в виде серого налета. Для предотвращения этого недостатка применяют щетку или кусок поролона. Использование специальных моющих средств способствует повышению качества мойки и уменьшению расхода воды. Существенным недостатком струйного способа мойки является большой расход моющей жидкости, что требует изыскания новых методов мойки. Так, при давлении воды 1,5 МПа для мойки одного грузового автомобиля требуется 600-1200 л, для мойки одного легкового автомобиля – 80-100 л воды [3]. Применение системы оборотного водоснабжения позволяет существенно снизить расход воды. Как указывает принятое законодательство, на всех предприятиях – водопотребителях должны функционировать очистные сооружения и системы оборотного водоиспользования с целью снижения расхода воды и предотвращения сброса неочищенных сточных вод [62, 69].

1.2 Основные факторы, вызывающие загрязнения узлов, агрегатов и деталей мобильной техники

Загрязнения – это находящиеся на поверхности изделия посторонние твердые или жидкие частицы. В основном они удерживаются на поверхности вследствие межмолекулярного (электростатического или поляризационного) взаимодействия [311].

Электростатическое взаимодействие объясняется определенной ориентацией диполей полярных молекул. Молекула по своим электрическим свойствам может приближенно рассматриваться как электрический диполь, т.е. она представляет из себя совокупность двух противоположных по знаку, но равных по величине точечных зарядов. По причине нахождения зарядов диполя в разных точках пространства они не нейтрализуют друг друга по напряженности и каждый диполь создает свое электрическое поле. Каждый электрический диполь воздействует на другой с определенной силой. Вследствие этого во внешнем электрическом поле неполярных молекул образуется индуцированный дипольный момент, что вызывает поляризацию молекул. Это способствует возникновению поляризационного или индукционного взаимодействия, за счет которых в основном возникают силы адгезии, которые определяют силу сцепления одной поверхности к другой [143].

Одним из основных факторов, способствующим образованию загрязнений на поверхности машин, можно признать относительную влажность воздуха. На рисунке 1.3 приведены графики изменения среднемесячной относительной влажности воздуха в атмосфере г. Чебоксары, г. Новочебоксарск и г. Канаш ЧР за 2013 и 2014 годы (по данным Чувашского гидрометеоцентра). Среднегодовая относительная влажность воздуха по месяцам года составила: в г. Чебоксары – 74,3%, в г. Новочебоксарск – 74,0%, в г. Канаш – 73,5%.

На рисунке 1.3 сплошной горизонтальной линией показано критическое значение относительной влажности воздуха, равное 64%, при котором в черном металле начинаются активные коррозионные процессы.

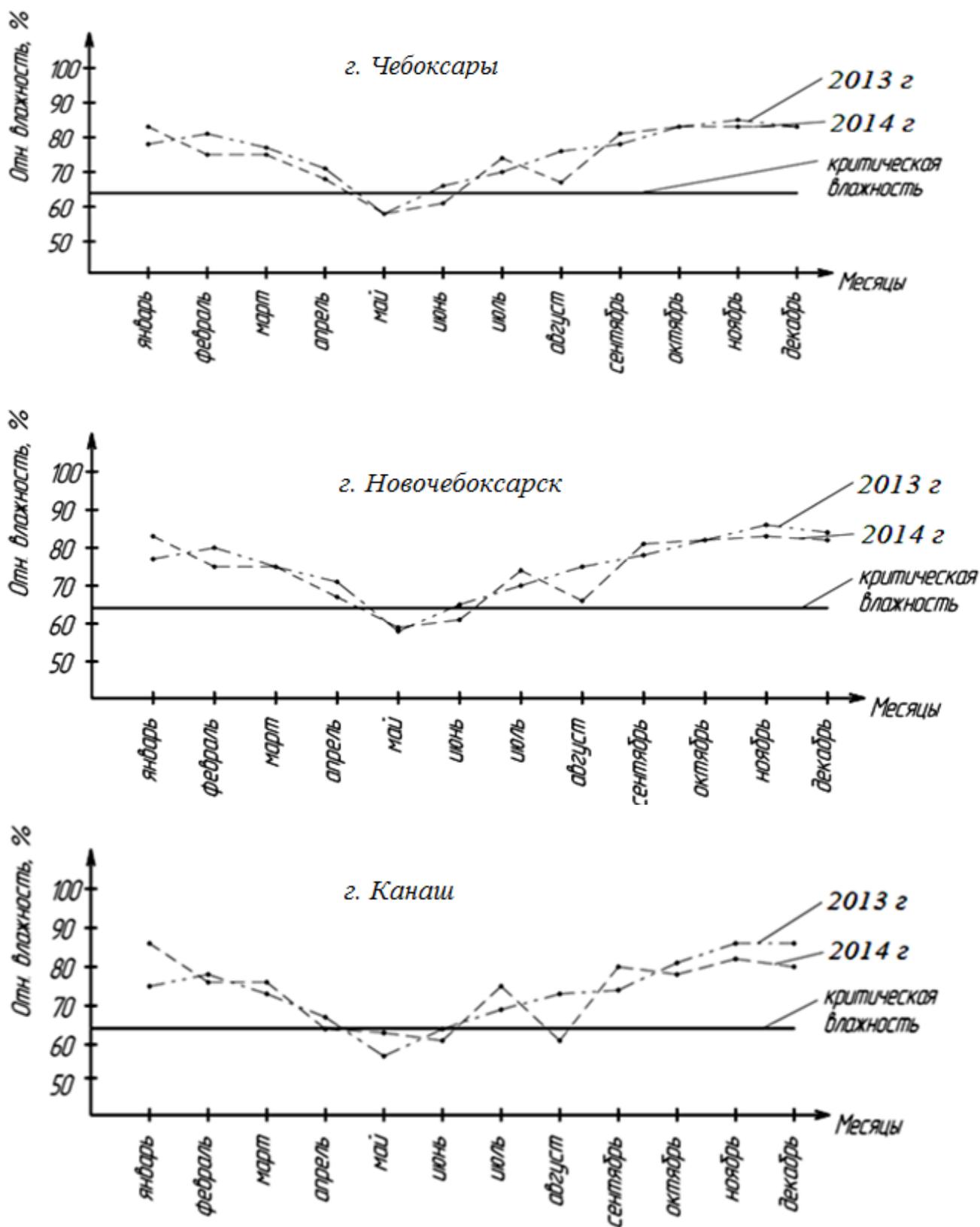


Рисунок 1.3 – Графики изменения среднемесячной относительной влажности воздуха в атмосфере

Сравнение среднегодовых и критических значений относительной влажности воздуха в районах ЧР позволяет сделать заключение, что

транспортные средства в республике эксплуатируются в достаточно агрессивных условиях.

Повышенная относительная влажность атмосферного воздуха способствует появлению на поверхности металла капельной конденсации или конденсации в виде сплошной пленки, которая аккумулируя и взаимодействуя с механическими и химическими примесями, содержащимися в атмосфере, способствует загрязнению поверхности деталей мобильной техники и активизации процессов коррозии.

Продукты коррозии также приводят к дополнительному загрязнению поверхности деталей и агрегатов машин.

Другим оценочным показателем атмосферного воздуха, с точки зрения коррозии, является его температура, значение которой меняется как в течение суток, так и в течение года. Известно, что перепад температуры на 2-5°C способствует снижению критической относительной влажности воздуха на 14-16% [256].

В воздухе атмосферы всегда имеются различные примеси (таблица 1.3), которые легко растворяются в пленке влаги, адсорбированной из воздуха на поверхности изделий, особенно изготовленных из черных металлов. В пленке влаги могут содержаться и механические примеси в виде пыли, частиц песка, способствуя загрязнению поверхности изделия.

Вода была и остается жидкостью для поддержания температурного режима работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС), особенно в сельском хозяйстве, но в то же время имеет два существенных недостатка [39]:

- является основным источником образования накипи, образующейся на внутренних поверхностях деталей системы охлаждения ДВС;
- способствует коррозии металлов.

В воде, применяющейся для заправки системы охлаждения, всегда в том или ином количестве содержатся в растворенном состоянии различные вещества, главным образом, соли кальция (CaCO_3) и магния (MgCO_3) [245]. В зависимости от содержания этих солей вода делится на мягкую (жесткость

менее 4 мг-экв/л), воду средней жесткости (от 4 до 8 мг-экв/л), жесткую (от 8 до 12 мг-экв/л) и очень жесткую (более 12 мг-экв/л) [39]. С повышением температуры они вступают в реакцию разложения с образованием твердых карбонатов кальция и магния и выделением углекислого газа:



Осадок вместе с механическими примесями образует накипь, осаждающуюся на внутренних стенках рубашки охлаждения, в трубках и патрубках радиатора, которая приводит к образованию загрязнений, коррозии и, соответственно, снижению эксплуатационной надежности мобильной техники, ее агрегатов и систем, нарушению экологической безопасности.

Наиболее подверженные отложениям накипи и скоплению шлама места системы охлаждения ДВС показаны на рисунке 1.4 [251].

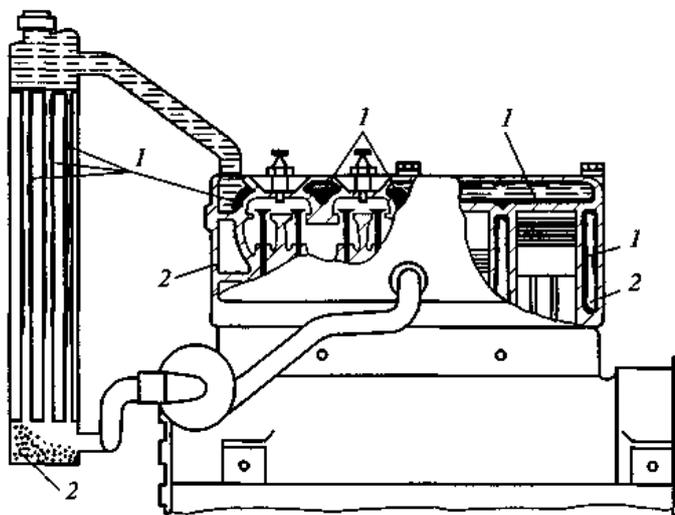


Рисунок 1.4 – Наиболее подверженные отложениям накипи и скоплению шлама места системы охлаждения ДВС: 1 – накипь; 2 – шлам

Особо снижают ресурс двигателя следующие причины, вызванные загрязнениями, содержащимися в воде и образующимися в результате эксплуатации: отложения накипи в системе охлаждения и, как следствие, перегрев двигателя; нарушение процесса сгорания рабочей смеси; ухудшение условий смазки; недостаточное наполнение цилиндров воздухом; прекращение

циркуляции в системе охлаждения при перегреве воды вследствие образования паровых пробок; снижение мощности и экономических показателей ДВС; образование трещин в головке блока ДВС из-за значительных тепловых напряжений [245].

Чем выше величина жесткости воды, используемой в качестве охлаждающей жидкости ДВС, тем больше она склонна к образованию накипи [267]. Для уменьшения образования накипи воду подвергают обработке, т.е. умягчению следующими методами: кипячением; обработкой химическими реагентами; магнитной обработкой [233, 247, 251, 262].

Проблема образования нагара и прочих отложений на стенках камер сгорания и впускных клапанах свойственна всем ДВС без исключения. Основной причиной образования нагара является моторное масло. В процессе работы двигателя оно окисляется и разлагается. Попадая на горячие детали двигателя, вместе с остатками топлива образует нагар (на стенках камеры сгорания, днище поршня, впускном клапане). Большинство лидеров мирового двигателестроения допускают некоторый расход моторного масла, т.е. его попадание в камеры сгорания. Современные масла с большим количеством присадок до конца не сгорают. То, что остается после сгорания моторного масла называется зольными отложениями.

Второй и наиболее важной причиной образования нагара в ДВС является качество, происхождение, а также присадки топлива. Если даже нет явных признаков нестабильной работы ДВС, топливо все равно полностью не сгорает, оставляя различные отложения. Особенно сильно зависимы от качества топлива двигатели с непосредственным впрыском топлива.

Такие косвенные факторы, свойственные СХПК как частые кратковременные поездки, когда двигатель не успевает выйти на рабочий температурный режим, свойственные большим городам пробки – все это лишь усугубляет и увеличивает скорость образования нагара и прочих отложений.

Признаки накопления нагара в ДВС: неровный холостой ход; перебои и рывки при разгоне; предельное уменьшение проходных сечений впускных

клапанов; заклинивание клапанов; прогорание клапанов.

Нагар имеет очень низкую теплопроводность, поэтому ухудшает охлаждение камеры сгорания и уменьшает ее объем, чем способствует детонации. Наросты нагара на впускном клапане мешают наполнению цилиндра, а иногда и плотной посадке клапана в седло, отчего он прогорает.

Мобильная техника постоянно подвержена воздействию агрессивной среды, приводящей к коррозии [6]. В первую очередь корродируют ее незащищенные поверхности. Коррозия в зависимости от среды имеет свойства развиваться или в ширину, или в глубину, что видно из работ известных ученых Г.В. Акимова [5], Н.И. Изгарышева [89, 90], А.В. Рябченкова [208], С.Г. Веденкина, В.В. Романова [205, 206] и других. Большой вклад в разработку теории коррозионных процессов внесли наши отечественные ученые. Так, академиком Я.М. Колотыркиным [109], выдающимся физиком и химиком, крупнейшим ученым в области электрохимии и коррозии металлов, выполнены фундаментальные исследования в области механизма анодной реакции растворения металлов и перенапряжения катодного выделения водорода, как важнейших составляющих коррозионного процесса, разработан потенциометрический метод исследования корродирующих металлов.

Сущность загрязнения поверхности металлических изделий при коррозии заключается в том, что на поверхности изделия появляются продукты коррозии в виде ржавчины (окислы) [110, 265]. Коррозию разных металлов и сплавов и разрушение защитных покрытий определяют при периодических осмотрах машин по характерным признакам [19].

Под образовавшейся на поверхности металла пленкой влаги образуются катодные и анодные участки. Из-за неоднородности (структурная неоднородность, различная деформация при изготовлении деталей и остаточные напряжения и др.) на поверхности корродирующего металла образуется множество коррозионных гальванических элементов. Коррозии подвергаются анодные участки [179, 277].

Классификация коррозионных процессов раскрывает их многообразие и

сложность, а также дает возможность выделить наиболее характерные для машин виды коррозии. Коррозионные процессы классифицируются по четырем классификационным признакам (таблица 1.1) [87].

Таблица 1.1 – Классификация процессов коррозии

Классификационный признак	Коррозия
1. Механизм взаимодействия материала со средой	Химическая, электрохимическая
2. Характер коррозионной среды	Газовая, атмосферная, жидкостная, подземная (почвенная), биологическая
3. Условия протекания коррозионного процесса	Структурная, контактная, щелевая, коррозия под напряжением, фреттинг-коррозия, коррозионная кавитация
4. Вид коррозионного разрушения поверхности детали	Сплошная, местная (локальная)

Химическая коррозия протекает в средах, которые не проводят электрический ток (воздействие на металлы сухих газов, продуктов горения топлива) (коррозия гильзопоршневой группы, выпускного тракта автомобильного ДВС при взаимодействии поверхностей деталей с отработавшими газами) и жидких неэлектролитов (нефти, бензина). В результате химической коррозии металл необратимо окисляется газами-окислителями, образуя различные формы окисленного железа.

При электрохимической коррозии происходят процессы окисления металлов в растворах или расплавах электролитов. Электрохимическая коррозия протекает на поверхности металла даже в присутствии тонкой пленки воды. Разновидностью электрохимической коррозии является атмосферная коррозия [260, 261].

Проведенный анализ позволяет сделать краткий вывод по параграфу.

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.

Анализ среднегодового значения относительной влажности воздуха в городах и районах ЧР показывает, что транспортные средства в республике эксплуатируются в достаточно агрессивных условиях, только в мае и июне месяцах вероятность возникновения активных коррозионных процессов сравнительно мала, так как относительная влажность в указанные месяцы ниже критической величины, при которой в черном металле начинаются активные коррозионные процессы.

Снижение ресурса мобильной техники и ее агрегатов объясняется многими причинами, особенно загрязнениями, образующимися на поверхности деталей в процессе эксплуатации.

1.3 Влияние условий эксплуатации на работу узлов и агрегатов мобильной техники

Любое изделие независимо от места и условий его использования или хранения постоянно подвержено загрязнениям [36, 38, 58, 72, 107, 139, 226, 227, 256]. Причиной этому в первую очередь является окружающая среда.

Мобильная техника эксплуатируется в условиях открытой атмосферы, подвергаясь воздействию переменной температуры, которая в течение года в средней полосе России колеблется от минус 45°C зимой до плюс 45°C летом (максимальный перепад температуры составляет до 90°C). На поверхностях изделий постоянно присутствует пленка влаги, адсорбированной из воздуха, в

которой легко растворяются различные газы, в том числе и кислород. Она является окислителем в процессах коррозии металлических изделий.

Мобильная техника, эксплуатируемая преимущественно на сравнительно сухих дорогах, шоссе и автомагистралях, подвержена воздействию дорожных загрязнений в виде пыли, частиц смол, асфальта, битума и т.п. Наибольшее содержание пыли в воздухе наблюдается при движении мобильной техники по проселочным дорогам и по обочине проезжей части автомобильных дорог. Мобильная техника, эксплуатируемая в условиях сельского хозяйства, в основном подвержена воздействию пыли и грязи.

Содержание пыли в воздухе зависит от физико-химических свойств почвы, от температуры и влажности воздуха, интенсивности движения машин и некоторых других факторов.

При неблагоприятных условиях содержание пыли на уровне 0,75-1,0 м от поверхности почвы может достигать 0,4-0,45 г/м³, при движении гусеничных машин по грунтовой дороге содержание пыли достигает 6 г/м³ [11]. Оценку запыленности воздуха производят по содержанию гранулированного состава пыли, замеряемому в микронах [93]. Так в [15] приведены данные его содержания в некоторых регионах Европейской части РФ и юга Украины (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Гранулометрический состав пыли

Размер частиц пыли, мкм	Подмосковная пыль, %	Одесская пыль, %	Приазовская пыль, %
0 – 10	10,0	24,8	3,8
10 – 20	18,0	31,2	5,2
20 – 30	19,0	25,0	13,8
30 – 50	32,0	13,0	37,2
Свыше 50	21,0	6,0	40,0

Из данных таблицы 1.2 видно, что гранулированный состав пыли (по размерам) преимущественно находится в пределах от 20 до 50 мкм.

Пыль образуется из частиц почвы преимущественно выдуванием ветра.

В процессе работы машин пыль кроме осаждения на наружные поверхности агрегатов проникает и во внутренние полости, где смешивается с маслом и загрязняет его, способствуя истиранию трущихся частей [72]. Например, между запыленностью засасываемого в ДВС воздуха и износом деталей ЦПГ существует прямая зависимость. Из практики эксплуатации и испытания машин известно, что ДВС с неисправным воздухоочистителем через несколько часов работы теряет компрессию и выходит из строя из-за аварийного износа поршневых колец и поверхности цилиндра [96].

Такой же вред приносит остаточная грязь, не удаленная из картера ДВС при очередных ТО или ремонте. Если замену масла производить без промывки системы смазки, то вновь залитое свежее масло сильно загрязняется в самом начале работы [88]. В связи с этим большое значение имеет контроль качества масла. Его проводят с помощью масломерного стержня или методом капельной пробы [60].

В первом случае хорошо вытертый стержень опускают в картер ДВС, затем его вынимают и по прозрачности оставшегося на нем масла оценивают его качество. Чем больше масло загрязнено, тем хуже просматриваются метки и риски, нанесенные на стержне. Если сквозь масляную пленку не видны метки и риски на конце стержня, то это показывает на засорение фильтрующих элементов.

В современных ДВС применяют различные конструкции масляных фильтров, процесс загрязнения которых имеет свои особенности.

Ленточно-щелевые фильтрующие элементы забиваются грязью, которая в смеси с продуктами окисления масла заполняет щели и гофрированные канавки каркаса. Под действием высокой температуры циркулирующего в системе масла эти отложения затвердевают, снижая пропускную способность фильтра.

В мобильной технике применяются в основном четырехтактные ДВС. Обычно в карбюраторных ДВС всасывается горючая смесь в виде воздушно-бензинового состава, а в дизелях – воздух. Для очистки воздуха, всасываемого для образования рабочей смеси, предусмотрен воздухоочиститель, но он не

может обеспечить полную очистку воздуха. Частицы загрязнений через зазоры между кольцами поршней и стенок гильз с отработанными газами попадают в картер ДВС и засоряют картерную смазку.

В процессе работы центробежного фильтра емкость ротора заполняется осадком, что приводит к уменьшению коэффициента очистки масла в системе [60]. При значительном заполнении емкости ротора осадком коэффициент очистки масла снижается вдвое, и дальнейшее использование центрифуги без удаления загрязнений нецелесообразно.

Особенно чувствительна к загрязнениям топливная аппаратура. Как показали наблюдения, около половины всех неисправностей системы питания ДВС мобильной техники происходит из-за загрязнения топлива преимущественно мелкодисперсными частицами [118, 191]. Топливные насосы и форсунки работают нормально лишь в том случае, если механические примеси в дизельном топливе не превышают величину зазора в сопряжении прецизионных деталей [24], в противном случае рабочие поверхности сопряженных деталей изнашиваются очень быстро. Следует отметить, что нормальный зазор в плунжерных парах равен 1,5-2,5 мкм [176]. Отсюда ясно, какова должна быть степень очистки дизельного топлива от присутствия в нем механических частиц и воды. Под воздействием воды, попадающей в плунжерную пару вместе с топливом, плунжерная пара заклинивает, т.к. в ней начинаются процессы коррозии и образуются продукты коррозии. Для определения влияния твердых механических частиц на износ плунжерной пары в дизельное топливо внесли абразивную пыль концентрацией 150 г на 1 т топлива, которая постоянно перемешивалась, что обеспечивало равномерное распределение пыли по всему объему топлива. После 15 ч работы топливного насоса новые плунжерные пары были непригодны для дальнейшей работы по причине повышенного износа [31].

Если не соблюдать правила хранения, транспортировки и заправки, концентрация механических загрязнений в топливе в баке мобильной техники может достигнуть до 300 г в 1 т топлива, это при норме не более 50 г на 1 т

При въезде и выезде из участка технического обслуживания и ремонта приходится запускать ДВС обслуживаемых транспортных средств. При этом атмосфера производственного помещения загрязняется отработанными газами ДВС, содержащими вредные вещества, которые приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Максимальная концентрация содержания вредных веществ в отработанных газах ДВС [123], в *процентах*

Компоненты	Концентрация вредных веществ	
	бензиновых ДВС	дизельных ДВС
СО	8,0	0,5
СН	2,0	0,1
NO _x	0,8	0,4
Бензопирен	0,02	–

Концентрация вредных веществ в отработанных газах зависит от режима работы ДВС: степени нагрева, точности регулировки систем ДВС, частоты вращения коленчатого вала, степени износа элементов ЦПГ и т. п. Следует отметить, что указанные вредные вещества в отработанных газах ДВС взаимодействуют с атмосферной влагой, вызывая впоследствии возникновение макрогальванокоррозии.

Нормы содержания и методы их контроля для мобильной техники с разными ДВС приведены в [47, 52, 53, 55, 306]. По анализу априорной информации, а также результатов наших исследований можно утверждать, что полностью исключить негативное влияние окружающей среды на работу основных узлов и систем мобильной техники, а именно таких вредных примесей, как приведенные в таблице 1.3, невозможно. Вредные вещества, содержащиеся в атмосфере и в отработанных газах ДВС, взаимодействуют с атмосферной влагой, вызывая макрогальванокоррозию и, как следствие, снижение ресурса мобильной техники, ее агрегатов и систем. Для оценки отрицательного влияния вредных веществ, приводящего к коррозии металла, следует изучить и проанализировать их действие в зависимости от влажности воздуха и иных условий.

1.4 Классификация загрязнений

Анализируя литературные источники [106, 107, 108, 139, 246, 250, 252], можно отметить, что встречаются разные подходы к классификации загрязнений. С.П. Беренсон [14] классифицирует загрязнения по их химическому составу и по характеру процессов, происходящих в загрязнении.

По химическому составу загрязнения подразделяются на органические, неорганические и смешанные. К органическим загрязнениям относятся масла, нагары, пленки лакокрасочных материалов и т.п. Неорганические загрязнения представляют собой пыль, влагу, продукты коррозии деталей. Смешанные загрязнения могут образоваться при наличии на поверхности детали указанных выше веществ, а также притирочных паст, полировочных составов и т.п.

По второму признаку загрязнения делятся на следующие группы [14]:

– загрязнения, отложения которых не сопровождаются химическими превращениями самих загрязнений. К ним относятся все перечисленные выше загрязнения, за исключением нагаров, ЛКМ и продуктов коррозии;

– загрязнения, отложения которых сопровождается их химическими превращениями. К ним относятся нагары, лаковые отложения, продукты коррозии деталей и лакокрасочные материалы [320].

Предложенную профессором К.К. Папок [177] классификацию преимущественно можно использовать при анализе загрязнений ДВС. При этом все отложения на поверхностях деталей ДВС разделяются на осадки, лаковые отложения и нагары.

Осадки – это мазеобразные сгустки, отлагающиеся на стенках картера ДВС, в клапанной коробке, на шатунных шейках коленчатого вала, на стенках масляных баков и маслопроводах, на фильтрах и сетках маслоприемников. Осадки состоят из остатков физико-химического превращения топлива и масла, а также механических примесей в виде пыли и продуктов износа деталей машин. Осадки в ДВС часто именуют смолистыми отложениями. Они могут загрязнять свежее масло, заливаемое в картер ДВС при замене масла [107].

Лаковые отложения образуются на металлических поверхностях, подвергаемых воздействию сравнительно невысоких температур (80-150°C). Толщина их составляет десятые и сотые доли миллиметра, но они прочны и способствуют пригоранию поршневых колец, что приводит к перегреву ДВС, повышенному расходу картерной смазки.

Нагаром называют твердые углеродистые вещества, образующиеся на деталях, подвергнутых воздействию высоких температур (свыше 150°C), которые отлагаются на днище поршня, компрессионных кольцах, на поверхности камеры сгорания, на клапанах, в выпускных коллекторах, на искровых зажигательных свечах и распылителях форсунок [131]. Образование нагара начинается с отложения на металлической поверхности тонкого лакового слоя, который выполняет роль связующей среды между нагаром и деталью [14]. Нагар, откладывающийся на деталях в виде тонкого слоя толщиной в несколько миллиметров, приводит к сокращению срока службы ДВС и увеличению эксплуатационных расходов, так как он обладает высокими теплоизоляционными свойствами и почти такой же низкой теплопроводностью, как асбест (0,2-0,3 ккал/ч·м²).

Вредное действие нагара имеет самые различные проявления, так, в ДВС с искровым зажиганием он является причиной [250, 262]:

- перегрева головок цилиндров и поршней вследствие низкой теплопроводности нагара (в 50-100 раз меньше, чем у металлов);
- повышения требований к антидетонационным свойствам топлива (ухудшение теплоотдачи способствует возникновению детонации и требования к топливу повышаются на 8-12 октановых единиц);
- ухудшения процесса сгорания топлива (раскаленные частицы нагара вызывают преждевременное воспламенение);
- снижения мощности ДВС вследствие уменьшения коэффициента наполнения цилиндра;
- нарушения работы системы газораспределения, т.к. отложения нагара

на седлах и фасках клапанов препятствуют их нормальному закрыванию;

- нарушения работы искровых зажигательных свечей вследствие замыкания электродов нагаром;
- повышенного износа трущихся сопряжений в результате абразивного действия частиц нагара;
- интенсификации процесса образования различных осадков вследствие проникновения частиц нагара из камеры сгорания в масляный картер.

В дизельных ДВС неисправности, вызываемые нагаром, те же, что и в бензиновых ДВС, разница лишь в том, что ухудшение процесса сгорания топлива вызывается нарушением нормального распыливания топлива при отложении нагара на форсунках [19, 246, 262].

В двухтактных дизельных ДВС образование нагара на продувочных и выпускных окнах приводит к интенсивному износу деталей цилиндропоршневой группы, ухудшению полноты продувки и снижению мощности.

Накипь представляет собой твёрдые отложения, образующиеся при выпадении солей из жесткой воды. Она почти не растворяется в воде и настолько прочно пристает к внутренним поверхностям системы охлаждения, что для ее удаления необходимо применять специальные средства. При прочих равных условиях скорость образования слоя накипи зависит от температуры теплообменных поверхностей.

Как показали исследования [249], температура стенок не только отдельных цилиндров блока, но и каждого цилиндра по окружности значительно колеблется, откуда следует, что на внутренних поверхностях деталей системы охлаждения создаются неодинаковые термические условия для процесса образования накипи. Вследствие этого толщина отложений накипи неодинакова, а поэтому возникают термические напряжения и трещины, так как коэффициент теплопроводности накипи в 20-30 раз меньше, чем у металлов, что приводит к ухудшению теплообмена в радиаторе и ДВС перегревается [131, 249].

Аналогично рассматривая другие узлы транспортного средства следует заметить, что загрязнения будут накапливаться не только в ДВС, но и в других узлах, например, в коробке передач, ходовой части и т.д.

Общая схема классификации загрязнений мобильной техники по физико-механическим свойствам представлена на рисунке 1.5 [246].

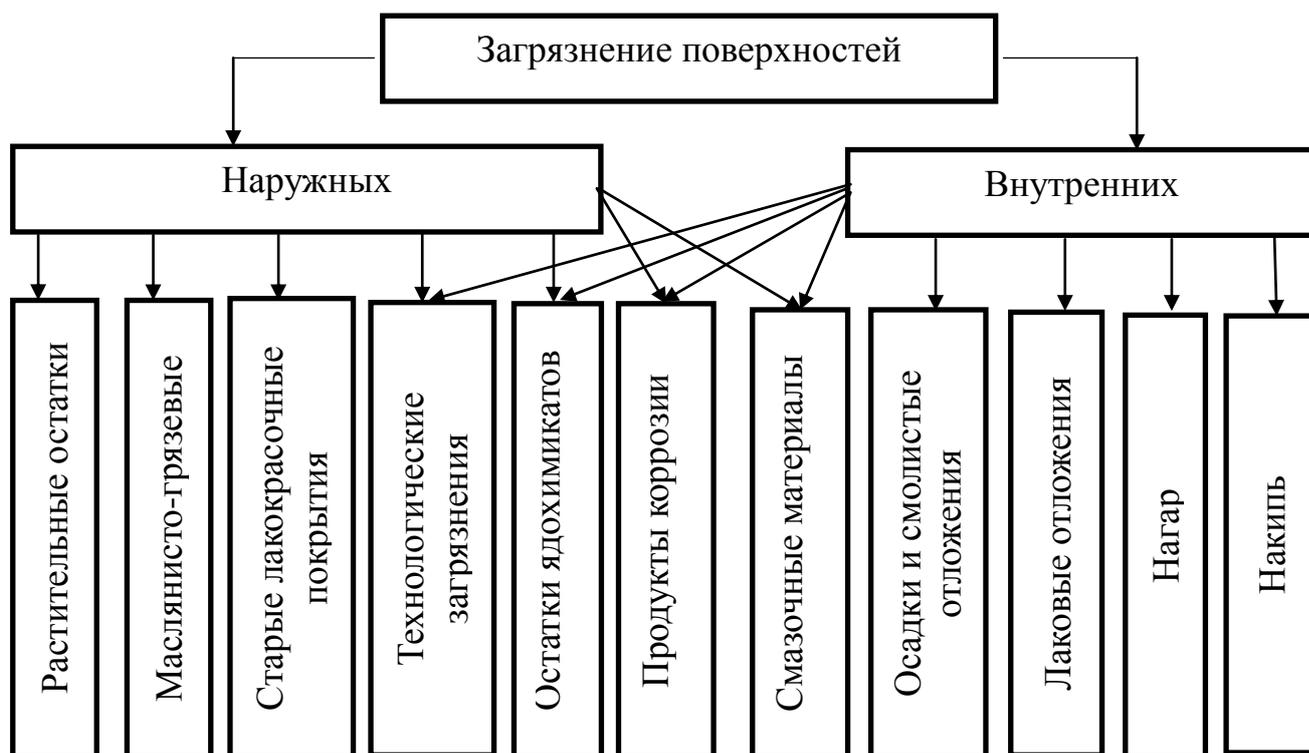


Рисунок 1.5 – Классификация загрязнений мобильной техники по физико-механическим свойствам

Кроме рассмотренных классификационных признаков при анализе технологических загрязнений исследователи выделяют и другие признаки: масляные и топливно-грязевые отложения на поверхности изделий; лаковые (коксовые) отложения (преимущественно в ЦПГ); нагар; загрязнения в системе охлаждения; отложения на внутренних поверхностях редукторов, мостов, раздаточных коробок и т.д.; в топливных баках и ресиверах и т.п.

Масляные и топливно-грязевые отложения образуются на наружных поверхностях изделий, а также на внутренних поверхностях картеров, редукторов, и в различных емкостях машин. На наружных поверхностях источником таких

загрязнений являются подтеки жидкости из неплотных соединений трубопроводов, шлангов, при повышенной вентиляции картера ДВС, нарушении герметичности или сильном загрязнении фильтров. На подтеке осаждаются пыль, отработанные выхлопные газы с образованием сложных по химическому составу загрязнений. Их слой даже при небольшой толщине нарушает тепловой режим узла, т.к. пленка загрязнений имеет повышенное сопротивление теплоотдаче. Они по своим физическим и температурным свойствам превышают свойства асбеста [64, 66].

Загрязнения от смазочных материалов в виде мазутообразных осадков и отложений осаждаются на внутренних стенках ДВС, масляных каналов коленчатого вала, маслопроводов, в ячейках сетки маслоприемника и т.д. Отложения могут закупорить или уменьшить пропускную способность масляных каналов, маслопроводов, что повлечет за собой повышенный износ трущихся поверхностей, задиры, в конечном итоге выход узла или агрегата из строя.

Для предотвращения загрязнения внутренних поверхностей и уменьшения трения в трущихся сопряжениях при проведении периодического ТО производят замену масел и смазок, а при выполнении текущего или капитального ремонта осуществляют мойку и чистку поверхностей узлов и агрегатов [67].

Необходимо знать, что топливо для ДВС склонно к образованию отложений из-за наличия в нем смолистых веществ, может легко окислиться при хранении [81, 82]. Например, бензин может образовать смолы при хранении, если в емкость хранения попадает свободный кислород из воздуха [60]. Образование отложений зависит от способности топлива сохранять свои химические и физические свойства при изменении температуры, атмосферного давления, при контакте с металлом, кислородом воздуха и другими. Так, автомобильный бензин термического крекинга вначале бесцветен, при длительном хранении желтеет, из него постепенно начинают выделяться нерастворимые смолы, которые частично оседают на внутренние стенки трубопроводов и деталей ДВС. Особенно чувствительна к загрязнениям

топливная аппаратура [80]. Около половины всех неисправностей системы питания мобильной техники приходится на загрязненное топливо [78, 79, 107, 118, 126].

Рассмотренные классификационные подходы не в полной мере раскрывают причины возникновения загрязнений, особенности дальнейших действий, принцип выбора способов и средств мойки узлов и агрегатов при подготовке проведения и организации ТО и ремонта мобильной техники. В связи с этим и на основе анализа ряда исследований, выполненных по изучению физико-механических свойств загрязнений и способов мойки поверхностей мобильной техники, нами разработаны и предложены более подробные классификационные схемы, обеспечивающие мойку агрегатов, узлов и деталей с применением активаторов мойки и ингибиторов коррозии с учетом особенностей технологических процессов ТО и ремонта, учитывающие следующие свойства загрязнений: смачиваемость (рисунок 1.6), источники образования загрязнений (рисунок 1.7).



Рисунок 1.6 – Классификация загрязнений по их смачиваемости

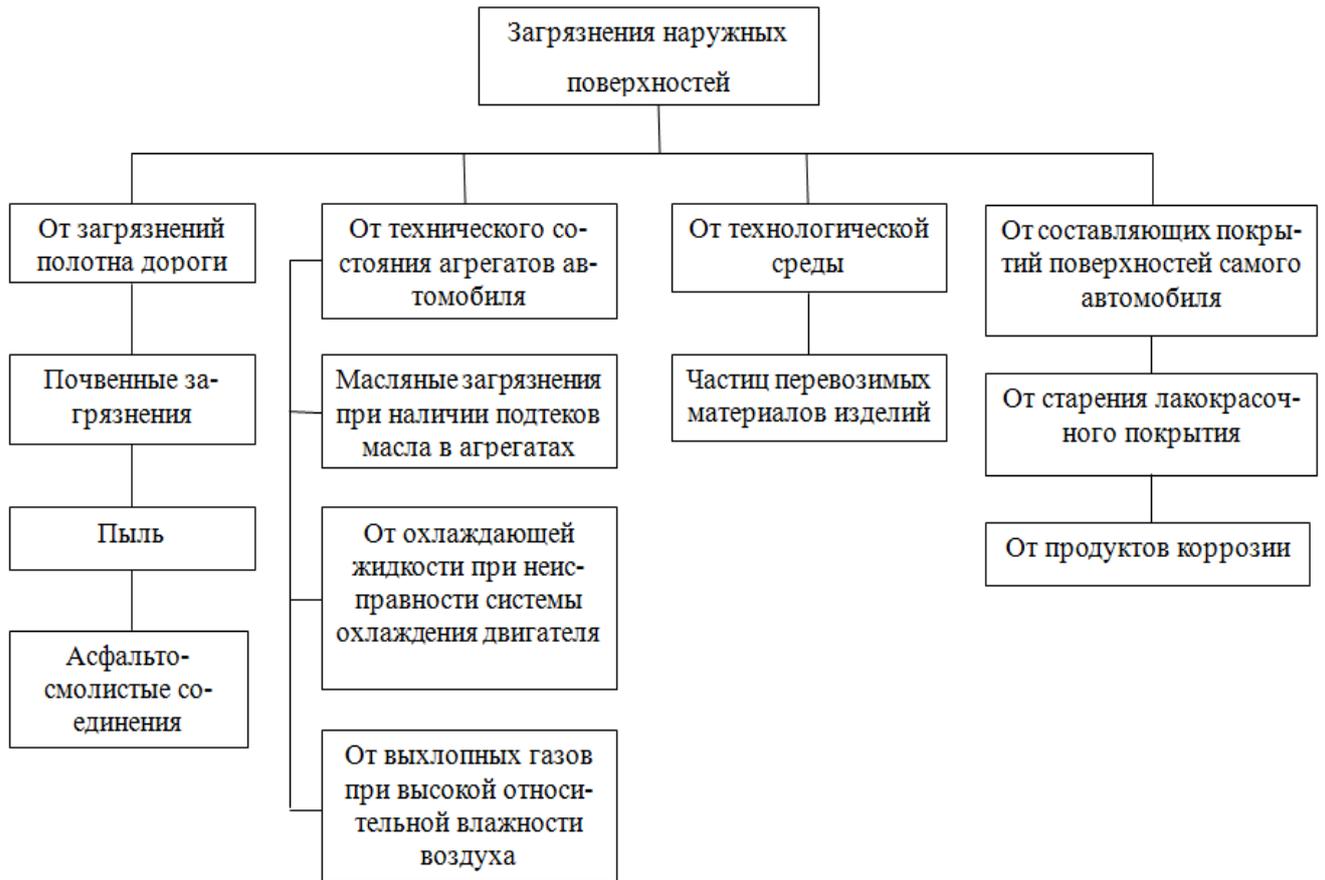


Рисунок 1.7 – Классификация загрязнений наружных поверхностей машин

Основой классификации на рисунке 1.7 являются источники образования загрязнений, которые разделены на четыре группы: загрязнения от полотна дороги; загрязнения, образующиеся от технического состояния агрегатов; загрязнения от перевозимых материалов; загрязнения, образующиеся от защитных покрытий самого изделия.

Предложенные классификационные схемы по смачиваемости и по источникам образования загрязнений (рисунки 1.6, 1.7) позволяют заранее определить способы, средства и оборудование для мойки поверхности машин, узлов, агрегатов и деталей от конкретных видов загрязнений, что обеспечивает повышение производительности труда, качества выполнения работ, снижает трудовые и материальные затраты при подготовке узлов, агрегатов к ТО и ремонту, способствует улучшению условий труда работников.

1.5 Способы очистки и мойки поверхностей агрегатов, узлов и деталей в процессе ремонта

Необходимость выполнения очистки и мойки агрегатов, узлов и деталей перед их ремонтом подтверждена в ряде работ [19, 70, 96, 106, 107, 108, 118, 120, 337]. Она в основном заключается в удалении загрязнений соскабливанием с использованием ручного и механизированного инструмента и воздействием струи [252]. К этому способу условно отнесена очистка в галтовочных барабанах и вибрирующих контейнерах.

Очистку загрязнений соскабливанием по методу выполнения работ можно разделить на: ручную очистку; механизированную очистку.

Ручная очистка выполняется с помощью различных скребков, металлических щеток или механизированного инструмента. Такой способ применяют для очистки деталей, где невозможно применение оборудования. Например, для очистки канавок для поршневых колец, форсунок топливной аппаратуры и т.п.

Возможность применения механизированного инструмента для очистки поверхностей определяется формой и сложностью конфигурации деталей. Для этих целей часто применяют электрическую дрель со щеточной насадкой, вращающиеся барабаны с абразивными материалами, вовнутрь которых помещаются очищаемые детали небольших размеров и т.п. [120]. Барабаны могут иметь вертикальную или горизонтальную ось вращения, со смещением или без смещения оси, с вибрационным или без вибрационного механизма.

К способам удаления загрязнений воздействием струи относятся водоструйная (гидродинамическая), гидроабразивная, пескоструйная очистка и очистка косточковой крошкой.

Водоструйную очистку применяют для удаления с наружных поверхностей деталей грязи и маслянисто-грязевых отложений при содержании в них не более 35% масла.

Гидроабразивный способ мойки, в отличие от гидродинамического,

характеризуется присутствием в моющей жидкости абразивных частиц, которые в струе моющей жидкости или под напором сжатого воздуха выбрасываются на обмываемую поверхность с высокой скоростью, повышая качество и эффективность мойки. Одним из недостатков этого способа является вероятность повреждения обмываемой поверхности и увеличение расхода электроэнергии, связанное с подачей абразивных частиц.

Пескоструйная обработка – холодная абразивная обработка поверхности металлических изделий путём её обработки песком или иным абразивным порошком, распыляемым потоком воздуха, а при гидроабразивной обработке – струёй воды или иной жидкости [207].

Метод обдува поверхности косточковой крошкой (очистка косточковой крошкой) выполняется с помощью аппаратов пескоструйного типа для удаления с поверхностей деталей прочных загрязнений (нагара, накипи и лаковых отложений). Частицы крошки подаются на очищаемую поверхность с помощью струи сжатого воздуха со скоростью 30-50 м/с. При этом они способствуют разрушению когезионных и адгезионных взаимодействий загрязнений и удалению их. Под воздействием частиц крошки очищаемая поверхность не нарушается. Оставшиеся на поверхности деталей частицы крошки не приносят вреда работе агрегатов, так как они легко измельчаются и удаляются.

По своим размерам частицы косточковой крошки бывают трех видов – крупные, средние и мелкие. Крупные частицы чаще используются для удаления прочных загрязнений (нагара, накипи), средние и мелкие – для очистки поверхности от других видов загрязнений. Для нормальной работы установки и предупреждения дробления необходимо поддерживать оптимальную влажность крошки в пределах 15-20%.

На очистку косточковой крошкой детали должны поступать предварительно очищенными и сухими. Это способствует поддержанию нормальной влажности и сыпучести крошки. В целях предотвращения

забивания частицами крошки все технологические отверстия деталей при обработке крошкой должны быть заглушены [320].

Установки для очистки косточковой крошкой оснащаются системой вытяжной вентиляции, которая включает фильтры (циклоны или горизонтальные пылеуловители) для очистки воздуха перед выходом его в атмосферу. Ее производительность должна быть не менее 3000 м³/ч.

Независимо от принципа работы очистительного устройства рассмотренный технологический процесс очистки сводится к отрыву частиц загрязнений путем воздействия силы, которая создается разными способами. Эффективность очистки в основном зависит от силы удара струи.

В ремонтном производстве сельскохозяйственных и транспортных предприятий могут использоваться различные схемы технологического процесса мойки агрегатов, узлов и деталей, которые определяются производственной программой предприятия, наличием необходимых производственных площадей, а также моечного оборудования (рисунок 1.8) [246].

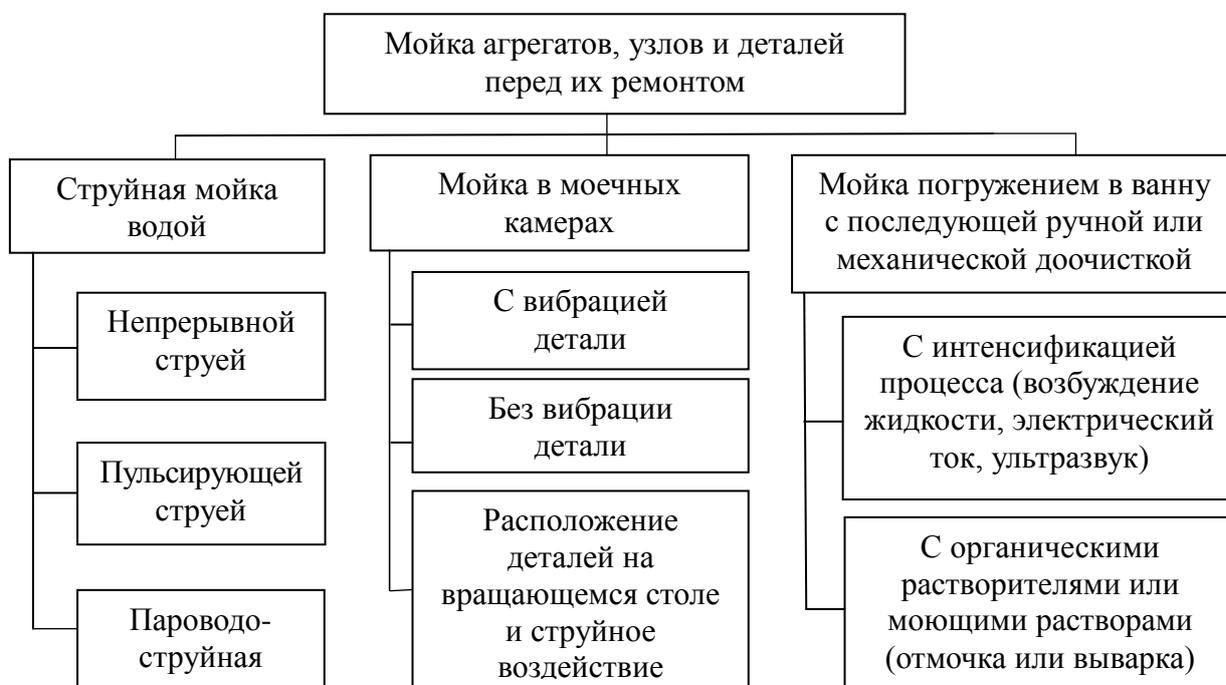


Рисунок 1.8 – Классификация мойки загрязненных поверхностей агрегатов, узлов и деталей при ремонте

Эффективность и экономичность мойки деталей зависит от типа установок (рисунок 1.9) [239, 246, 272, 273].

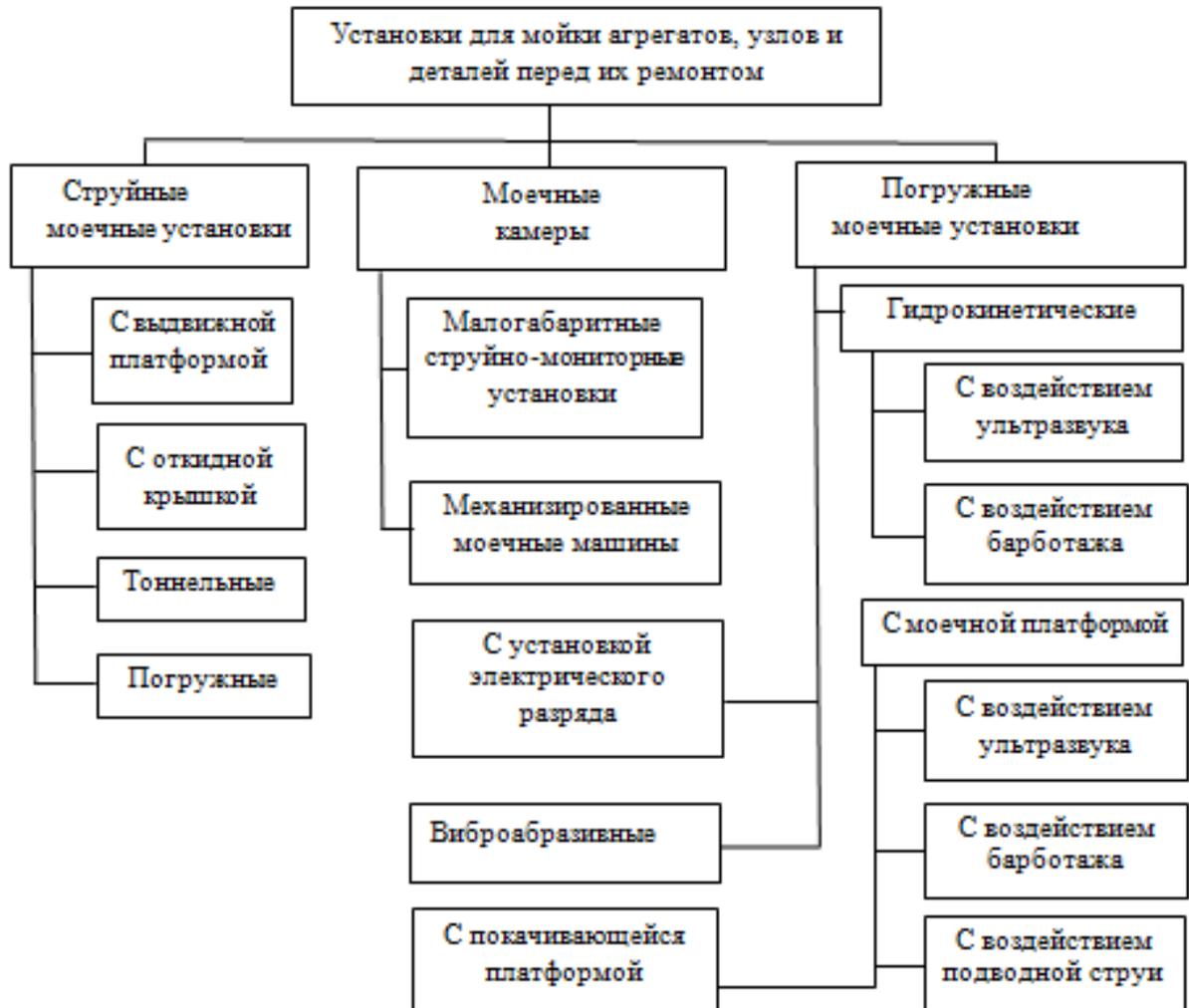


Рисунок 1.9 – Классификация установок для мойки агрегатов, узлов и деталей в процессе их ремонта

Мойка в струйных моечных установках заключается в том, что поверхности обмываемых объектов подвергаются орошению большим количеством моющего раствора под давлением из сопел душевого устройства.

Типы струйных моечных установок: с выдвижной платформой; с откидной крышкой; тоннельные; погружные.

Струйные моечные установки с выдвижной платформой рассчитаны на крупногабаритные узлы и агрегаты. Возможность большой загрузки обеспечивается конструктивными особенностями моечного оборудования. Моющий раствор подается через форсунки, которые находятся со всех сторон

детали, в том числе снизу и сверху. Кроме того, форсунки находятся в движении, что обеспечивает высокое качество мойки.

Струйная моечная установка с откидной крышкой считается самой простой из всех видов струйных моечных машин. Она используется для мойки небольших деталей простой формы. Принцип ее действия в том, что деталь помещается на роликовую подставку, которая вращается вокруг своей оси, а по бокам из форсунок подается моющий раствор.

Мойка узлов, деталей и агрегатов в тоннельных струйных моечных установках отличается самой высокой производительностью. Этот тип мойки представляет собой конвейер, на котором деталь по очереди проходит каждый этап мойки. Особенно востребованы туннельные машины, на крупных производствах штампованных деталей, где производственный цикл полностью автоматизирован.

Погружные струйные моечные установки удаляют грязь с погруженной в моющий раствор детали. При этом смывающие струи подаются из погруженных в раствор форсунок. Во время мойки деталь вращается вокруг своей оси.

Надежность струйных моек обеспечивается использованием в них центробежных насосов, которые отличаются от плунжерных моделей долговечностью. Струйные моечные машины также включают в себя встроенную систему фильтрации, которая позволяет обеспечить замкнутый цикл при мойке деталей и более высокую экономичность.

Достоинства струйной моечной установки: возможность применения для мойки агрегатов и деталей практически любой формы и размеров; позволяет обезжиривать детали больших размеров и габаритов; идеально подходит для подготовки поверхностей под окраску плоских деталей с большой площадью; не требует разработки сложной технологии мойки; может быть оснащена ультразвуковыми компонентами; низкая стоимость обезжиривания деталей большого размера простой формы; мойка и сушка деталей производится в одной камере струйной очистки; работает в полностью автоматическом режиме.

Недостатки струйной моечной установки для мойки агрегатов и деталей: подходит только для обезжиривания и/или фосфатирования поверхностей; на водорастворимых моющих средствах не подходит для мойки деталей из цветных металлов и их сплавов; не отмывает нагар и ржавчину; плохо отмывает глухие отверстия, а также детали сложной формы из-за экранирования струй самой деталью; процесс мойки деталей занимает в 2-3 раза больше времени по сравнению с ультразвуковыми ваннами; обязательна установка систем фильтрации моющей жидкости, маслоотстойников, маслоъемников [341, 342].

Для очистки узлов, агрегатов и деталей машин в моечных камерах применяют два типа установок: малогабаритные струйно-мониторные установки; механизированные моечные машины.

Малогабаритные установки используются при мойке небольшой партии деталей в небольших мастерских. Такая установка обеспечивает давление струи 2-10 МПа. В комплекте малогабаритной установки предусмотрены насос и двигатель, смонтированные на раме, приемный рукав с фильтром, напорный рукав с пистолетом-гидромонитором, который имеет сменные насадки для регулирования формы и давления струи.

Общий вид одной из таких установок модели 196 М представлен на рисунке 1.10, а данные по технической характеристике – в таблице 1.5. Она предназначена для мойки деталей мобильной техники при их ремонте в ремонтных мастерских СХПК и автотранспортных предприятиях с небольшим объёмом производства.

Установка может применяться для мойки деталей при расконсервации. В качестве рекомендуемого моющего раствора может быть раствор каустической соды температурой до 85°C.

В авторемонтных предприятиях мойку деталей, агрегатов и узлов проводят в двухкамерных моечных машинах. Для удаления прочных загрязнений (нагара, накипи, смол, старой краски) проводят дополнительную очистку. Дополнительную очистку пропариванием проходят картеры задних мостов и барабаны со ступицами. Очищенные детали подлежат дефектации и сортировке.



Рисунок 1.10 – Общий вид моечной установки модели 196 М

Таблица 1.5 – Техническая характеристика моечной установки модели 196 М

Тип	стационарная, однокамерная
Назначение	мойка загруженных деталей
Количество моющих камер	1
Стол	вращающийся
Ёмкость для моющего раствора, м ³	1,0
Подогрев моющего раствора	электронагревателями общей мощностью 36 кВт
Рабочая температура моющего раствора, °С	0-100
Время подогрева, час	2,5
Производительность насоса, м ³ /час	Q = 20
Электродвигатель насоса	Мощность N = 3 кВт; n = 2900 об/мин
Длительность мойки одной партии деталей, мин. –при мойке раствором каустической соды NaOH –при мойке смесью каустической соды и силиката натрия (жидкое стекло)	8-14 6-10
Габариты промываемых деталей, мм, не более	1000 × 500 × 600
Габаритные размеры, мм, не более	1900 × 1950 × 1800
Масса, кг, не более	630

Количество моечных ванн и установок для мойки изделий погружением определяют по формуле [96]:

$$N_o^{\text{расч}} = \frac{t_{\text{то}} \cdot A}{a \cdot T_{\text{ф.о.}}}, \quad (1.1)$$

где $t_{\text{то}}$ – продолжительность технологической операции, включающая время загрузки и выгрузки изделий, ч; A – количество изделий на годовую программу; a – количество одновременно обрабатываемых изделий; $T_{\text{ф.о.}}$ – эффективный (расчетный) годовой фонд времени оборудования, ч.

Продолжительность времени загрузки и выгрузки деталей определяется с учетом уровня механизации этих работ. Продолжительность операции мойки в растворе Лабомида-203 составляет 0,17-0,25 ч, в растворе МС-8 – 0,25-0,33 ч. Для удаления старой краски вываркой в ванне с раствором каустической соды требуется 0,67-0,83 ч времени [96].

Последовательное пропускание узлов и агрегатов в неразобранном и в подразобранном виде через установки наружной мойки струйным способом, пропаривания и мойки подразобранных ДВС и КПП методом погружения обеспечивает требуемую степень очистки узлов и агрегатов для их окончательной разборки.

На ремонтном участке предусмотрены три специализированные линии для разборочных и очистительно-моечных работ по блокам цилиндров в сборе с картерами сцепления и гильзами, головкам цилиндров и коленчатым валам в сборе с маховиками. Очищение блоков цилиндров от нагара и накипи первоначально производится в погружных установках с вибрирующей платформой, затем окончательно очищаются в автоматизированной установке с расплавом солей. Масляные каналы дополнительно очищаются с помощью специальной установки, прокачивая рабочую жидкость. Аналогичные машины смонтированы и на линии мойки головок цилиндров. Для снятия накипи головки цилиндров подаются в трехсекционную проходную установку, затем для удаления нагара с воздействием косточковой крошкой они поступают в полуавтоматическую установку. Линия для очистки коленчатых валов

укомплектована установкой с вибрирующей платформой, предназначенной для прочистки масляных каналов. Все детали, в том числе и базовые, с разборки и специализированных линий подают на непрерывный подвесной конвейер, с которым проходят окончательную промывку в струйной машине, после чего детали высушиваются, затем они транспортируются на дефектовку [96].

В центральных ремонтных мастерских для очистки агрегатов, узлов и деталей струйным методом используют моечные машины ОМ-691 (МД-1), ОМ-837 (МД-2), ОМ-837Г, ОМ-947И. Выбор типа моечных установок обуславливается маркой мобильной техники, имеющейся в хозяйстве, а также наличием источника тепла для подогрева моющей жидкости. Моечные машины – камерные, проходного типа; применяют для очистки деталей, ДВС в сборе и других агрегатов и узлов, габаритные размеры которых не превышают: при очистке в машине ОМ-691 – 2000×1400×1400 мм; при очистке в установках ОМ-837 и ОМ-837Г – 1400×1400×1100 мм.

Эти моечные установки по способу нагрева моющей жидкости выпускают с огневым, паровым или электрическим подогревом. По устройству все моечные установки одинаковы, имеют лишь разные размеры моечной камеры.

В качестве моющей жидкости рекомендуются растворы щелочей или СМС с концентрацией, г/л: при наружной и внутренней очистке ДВС – 20; для деталей с масляными загрязнениями – 15-20; со смолистыми загрязнениями – 20-25 [248].

Температура моющего раствора 75-85°С.

Время внутренней очистки ДВС – 8-10 мин и наружной – 10-12 мин; одной загрузки деталей – 10-15 мин. Для получения хорошего качества очистки необходимо через 5-6 мин изменить направление вращения стола.

Очистка в ваннах установках с возбуждением моющей жидкости позволяет получать высокое качество очистки. При таком способе очистки совмещаются выварка и механическое воздействие моющей жидкости.

В качестве моющей жидкости используют водные растворы щелочных моющих средств или синтетических типа МС-5, МС-6, МС-8. Моющие средства

типа МС позволяют одновременно промывать детали, изготовленные из черных, цветных металлов и сплавов. После очистки промывать детали в чистой воде не следует.

Краткая техническая характеристика моечных машин модели ОМ-947 (КМ-3) и ОМ-837 (МД-2) приведена в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Краткая техническая характеристика моечных машин модели ОМ-947 (КМ-3) ГОСНИТИ и ОМ-837 (МД-2)

Характеристика	Показатели	
	КМ-3	МД-2
Назначение	Мойка загруженных деталей	
Тип	Стационарный	
Емкость ванны для раствора, м ³	0,7	1,2
Грузоподъемность поворотного стола, кг	600	1200
Частота вращения поворотного стола, мин ⁻¹	1,5	
Рабочая температура моющего раствора, °С	80-100	
Длительность мойки одной партии деталей, мин: –при мойке раствором каустической соды –при мойке смесью каустической соды и силиката натрия (жидкое стекло)	10-12	6-14
	6-12	10-14
Масса, кг	1250	1720
Габаритные размеры, мм	1950×1600× ×1800	2900×5630× ×2800

Моечная машина погружного типа представляет собой емкость, оснащенную платформой для подъема и опускания корзин с деталями в процессе мойки. Этот тип машин может легко объединяться в линию, если требуется осуществить многостадийную очистку деталей или агрегатов (обезжиривание, обезжиривание с ультразвуком, ополаскивание проточной водой, сушка и пр.).

В процессе мойки платформа с деталями перемещается вверх-вниз, обеспечивая постоянное обновление раствора у поверхностей деталей, усиливая обезжиривающий эффект. Для выгрузки и загрузки элементов

платформа поднимается к верхнему проему моещей камеры. В результате процесс выгрузки, загрузки и перемещения деталей по линии существенно упрощается.

Установка для погрузки оснащена сливом, штуцерами для подключения к сети водопровода и для сливания отработанного моющего раствора. Для укладки элементов предусмотрено укомплектование платформы сетчатой корзиной. Платформа имеет регулируемую длину и частоту хода.

В машине приемлемо использование корзин параметрами 550×550 мм, 1100×550 мм, 2050×550 мм и 2050×700 мм, грузоподъемность которых – 75, 150, 200, 400 кг. В комплектацию может входить камера для мойки ультразвуком.

Мойка погружением в ванну объектов, подлежащих ремонту, наиболее простой способ очистки загрязненных узлов и деталей. Этот способ мойки основывается на смачивании и растворении загрязнений поверхностей изделий. Для этого используют органические растворители, их смеси с эмульгаторами, щелочные растворы и растворы СМС.

Для мойки узлов и агрегатов мобильной техники широко используют выварочные ванны с осуществлением мойки методом погружения. Существенным недостатком выварочных ванн является слабая циркуляция моющего раствора вследствие конвекционного движения жидкости по причине разности температур в объеме ванны. Для устранения этого недостатка моющий раствор возбуждают различными способами: колебание платформы, лопастные гидравлические винты, ультразвук, подача пара или сжатого воздуха и др.

Однако подача сжатого воздуха способствует понижению температуры моющего раствора, и в полостях сложных деталей образуются пузыри, препятствующие контакту моющего раствора с очищаемой поверхностью. Использование пара снижает концентрацию ПАВ в моющем растворе. В связи с этим для возбуждения моющего раствора в ванне эффективнее использование насосов и винтов.

Наилучший контакт моющего раствора с обмываемой поверхностью

детали и обновление моющего раствора в зоне контакта достигается тогда, когда платформа с уложенной на нее деталью перемещается в моющем растворе, а именно, совершает колебательные движения в вертикальном или горизонтальном направлениях от специального привода. При этом обеспечивается высокая эффективность очистки деталей.

Преимуществом моечных ванн является то, что в них можно использовать моющие растворы от самых малых до очень высоких концентраций. В машинах струйного типа из-за высокого пенообразования моющих средств их содержание в растворе ограничивается [98].

Погружная моечная машина производит мойку детали от загрязнений в погруженном или полупогруженном положении. Удаление загрязнений в такой машине может происходить либо за счет движения самой детали в моющем растворе, либо за счет подводных струй, которые создаются специальными форсунками с помощью встроенного в мойку насоса. Погружные моечные машины могут быть двух типов: гидрокинетические; моечные платформы.

В гидрокинетических погружных машинах деталь или несколько деталей помещаются в закрытую корзину, где на нее со всех сторон воздействует моющий раствор. Кроме того, погруженная деталь в гидрокинетической машине может очищаться под воздействием ультразвука (УЗ) и барботажа (чистка воздухом высокого давления, который подается по трубкам снизу корзины). Для мойки хрупких деталей в гидрокинетических погружных мойках предусмотрены специальные фиксаторы, которые не позволяют детали перемещаться в корзине. Дополнительно такие мойки могут быть оборудованы системой сушки детали. Процесс сушки может осуществляться несколькими способами: инфракрасным; вакуумным; потоками горячего воздуха.

Второй тип погружных моечных машин имеет несколько иной принцип работы: деталь в ручном или механическом режиме устанавливается на платформу, которая погружает ее в моющий раствор. Процесс отмычки детали также может происходить несколькими способами: покачивание платформы в чистящем растворе; УЗ чистка; барботаж; воздействие на погруженную деталь

подводных струй.

Погружные моечные машины также могут иметь существенные различия в зависимости от модели и производителя. Так, например, итальянские машины Novates имеют систему вакуумной сушки, причем воздух для нее нагревается во время мойки детали. Такая система позволила значительно повысить энергоэффективность оборудования и увеличить качество мойки и сушки.

А турецкая машина KSP имеет встроенную систему фильтрации жидкости по замкнутому циклу, благодаря которой машина не производит никаких загрязнений.

Мойка поверхности с помощью УЗ является высокоэффективным и производительным способом мойки [122]. 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 [305].

Мойка в УЗ ваннах производится погружением деталей в водный раствор моющих средств на основе ПАВов. В отличие от камер струйной очистки, УЗ ванна позволяет применять водорастворимые моющие средства с различным рН, от кислотных до сильнощелочных. Это позволяет использовать УЗ оборудование для удаления нагара, очистки окислов, обезжиривания поверхности металла и других материалов [185].

Метод мойки УЗ основан на явлении кавитации [17]. 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.

УЗ оборудование часто используется для усиления эффекта обезжиривания поверхности металла и очистки деталей сложной формы [320] 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.

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

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.

Недостатки УЗ мойки: необходима помощь экспертов для выбора моющего средства для УЗ ванны и режимов работы; мойка УЗ по многоэтапной технологии требует ручного переноса корзин или оснащения специальными системами; необходима система вентиляции над УЗ ваннами мойки деталей; расход моющих средств на испарение.

Мойка деталей с использованием электрического разряда в растворе основывается на электрогидравлическом эффекте. При высоковольтном электрическом разряде в растворе формируется мощная ударная волна. От эпицентра взрыва волна распространяется по всему объему жидкости. Проходя через загрязненное изделие волна дает импульс на границе раздела изделие – загрязнение, который расходуется на разрушение адгезионно-когезионных связей загрязнения. Одновременно образуется гидродинамический поток, который смывает загрязнение [326]. Эффективность мойки зависит от параметров электрического разряда (частота следования импульсов; мощность,

вложенная в импульс; глубина погружения и длина искрового разряда), а также свойств жидкости (электропроводность и плотность, наличие добавок в жидкости, упругость паров), где осуществляется разряд.

Электрогидравлическая мойка эффективнее для мойки мелких деталей (впускные и выпускные клапаны, распылители форсунок), загрязненных нагаром. Эффективность мойки реализуется при количестве энергии около 170 Дж/импульс на 1 литр моющего раствора [168].

В качестве моющего раствора для удаления твердых загрязнений возможно использование обычной водопроводной воды с температурой 10-30°C. Повышение температуры до 75-85°C и добавление ПАВ (Синтаמיד-5, ОП-7, ОП-10 и др.) в воду улучшает эффективность удаления масляных загрязнений.

Виброабразивная мойка основывается на том, что обмываемые детали и моющая среда размещаются в специальном контейнере, который совершает колебательное движение. Такое же движение с такой же частотой совершают детали и моющий раствор внутри контейнера и при этом перемещаются в соответствии с заданной частотой колебаний контейнера. Исследования Н.Ф. Тельнова и В.М. Дерепасова подтвердили целесообразность использования виброабразивной мойки в ремонтном производстве предприятий агропромышленного и автотранспортного комплексов [246].

Виброабразивный способ мойки позволяет: повысить качество очистки поверхности; улучшить прочностные характеристики изделий путем снятия остаточных напряжений растяжения, которые возникают в поверхностном слое в процессе эксплуатации, и отведение остаточных напряжений сжатия; повысить твердость поверхностного слоя и равномерности распределения твердости по всей толщине деталей.

При виброабразивной мойке на загрязнение совместно воздействуют механическая энергия взаимодействия загрузки и физико-химические свойства моющей композиции. Эффективность виброабразивной мойки зависит от параметров установки (амплитуды и частоты колебаний, степени загрузки

контейнера и соотношения массы абразива к массе обмываемых деталей, вида и физико-химических свойств моющих жидкостей, материала, грануляции, твердости и зернистости абразивного наполнителя) [19].

Исследованиями доказано, что наибольшая эффективность мойки деталей достигается при частоте колебаний контейнера 2500-2700 мин⁻¹ с амплитудой 1,5-2 мм. Увеличение амплитуды улучшает эффективность мойки, но оно вызывает шаржирование поверхностей.

Очистка деталей от стойких загрязнений – продуктов коррозии, нагара, накипи и других – может производиться следующими способами: химическим; механическим; термохимическим; комбинированным.

При химическом способе очистки деталей от нагара используют растворы с высоким содержанием щелочи [177]. Стальные детали выдерживают 3-4 ч в растворе, содержащем 35% кальцинированной соды, 25% каустической соды, 24% мыла и 1,5% жидкого стекла при температуре раствора 90-95°C. Под воздействием такого раствора нагар размягчается и легко удаляется механическими инструментами (металлическая щетка). В завершение процесса очистки детали можно промыть в растворе с низким содержанием щелочи. Детали из алюминиевых сплавов обрабатывают в растворе без каустической соды, содержащем по 10% кальцинированной соды, мыла, жидкого стекла и 1% хромпика.

Более производительным является механический способ удаления нагара твердой очистной средой (косточковой или пластмассовой крошкой, металлической дробью, стеклянными шариками, гранулами сухого льда, гидроабразивной струей и т.д.). При удалении нагара металлической дробью и гидроабразивной струей на поверхностях детали могут образовываться риски и царапины, что не всегда допустимо.

Термохимическое удаление нагара проводится в расплаве солей при температуре $400 \pm 20^\circ\text{C}$, который обычно включает 65% гидроокиси натрия (едкого натра), 30% азотнокислого натрия и 5% хлористого натрия. Установка, применяемая для удаления с поверхностей деталей нагара и накипи в таких

расплавах состоит из четырех ванн: ванны с расплавом, первой промывочной ванны, ванны с кислотным раствором; электротельфера, второй промывочной ванны. В первой ванне с щелочным расплавом загрязнения разрушаются, после этого детали перемещают в следующую ванну с проточной водой, в которой из-за резкого перепада температур и обильного парообразования остатки нагара разрыхляются и растворяются. В третьей ванне с кислотным раствором производится травление. В четвертой ванне с горячей водой детали окончательно промываются. Общая продолжительность очистки составляет 20-25 мин. Удаление накипи осуществляется щелочным раствором при температуре 60-80°C, который прокачивают под давлением 0,01-0,02 МПа. Разрыхленный слой накипи затем смывают чистой водой. Эффективное разрушение накипи обеспечивается 15%-м раствором соляной кислоты при температуре раствора до 60°C. Применяют также лимонную, уксусную, щавелевую и другие кислоты [235].

Для удаления накипи с поверхностей деталей из алюминиевых сплавов применяют растворы молочной и фосфорной кислот [170]. Во всех случаях при применении растворов кислот в технологическом процессе мойки необходимо предусмотреть нейтрализацию их остатков на деталях и технологическом оборудовании. Для снижения коррозионной активности кислот в моющий раствор вводят ингибиторы коррозии. Повышенные требования предъявляются к обеспечению безопасных условий труда, функционированию системы вентиляции.

Для очистки металлических поверхностей от масляно-грязевых, асфальто-смолистых, дорожных и почвенных загрязнений и отслоившихся ЛКП используют пароводоструйный способ очистки с применением моющих средств или без них.

При удалении нагара с поверхностей деталей используют гидropескоструйную очистку и очистку с применением металлического песка. Основным недостатком этих способов очистки является то, что абразивный материал может повредить очищаемую поверхность (риски и царапины) и

места повреждения будут являться очагами повторного осаждения нагара.

Для очистки внутренних поверхностей деталей системы охлаждения двигателя от накипи применяют щелочные растворы. В состав накипи входят карбонаты кальция, магния, растворяющиеся сульфаты магния и кальция, силикаты, хорошо разрыхляющиеся в щелочных растворах. После растворения в соляной кислоте и разрыхления в щелочном растворе слой накипи смывают струей воды.

Самыми перспективными и используемыми из имеющихся в настоящее время технологий мойки и очистки являются технологии с применением струи воды высокого давления [129]. В последние годы повышение эффективности очистки изделий технологией струйной очистки осуществляется увеличением кинетической энергии струи при повышении давления жидкости или подачей в струю абразивного материала, при которой возрастают энергетические и материальные затраты, а также повышается запыленность воздуха в рабочей зоне оператора моечной установки, что приводит к ухудшению его условий труда [10].

Для повышения качества очистки деталей двигателей перед их ремонтом перспективно использование ледно-кавитационной струи. Сущность воздействия ледно-кавитационной струи заключается в том, что она способна разрушать загрязнения воздействуя на них ледяными гранулами углекислоты. Причем, схлопывание кавитационных пузырьков в потоке жидкости существенно повышает скорость гранул [74]. Ударяясь об очищаемую поверхность, гранулы углекислоты из твердого состояния, минуя жидкое состояние, сразу переходят в газообразное состояние (эффект сублимации). При этом выделяющаяся энергия достаточна для удаления любого загрязнения. Поверхности очищаемой детали при таком способе очистки не получают никаких повреждений. Частицы разрушенного загрязнения смываются водой [315, 316].

Сотрудники Рязанского ГАТУ усовершенствовали технологию и создали экспериментальную установку для очистки деталей ДВС в процессе ремонта.

Установка работает следующим образом. Насос нагнетает моющий раствор в моечный пистолет, где создается повышенное давление. В воде при прохождении через кавитационный генератор (резко сужающийся канал) образуется множество кавитационных пузырьков. Подача углекислоты температурой -70°C в образовавшуюся водно-кавитационную струю приводит к образованию ледяных гранул в струе жидкости. Двигаясь в кавитационной струе и используя энергию разрывающихся пузырьков, гранулы разгоняются и ударяются об очищаемую поверхность, разрушая загрязнения. Установка может работать в двух режимах: «кавитационном» и «ледно-кавитационном». «Кавитационный» режим применяется для удаления средне- и слабосвязанных загрязнений. «Ледно-кавитационный» режим применяется для удаления сильносвязанных загрязнений. Результаты испытаний установки доказали, что ее эксплуатационные показатели превосходят аналогичные показатели наиболее используемых отечественного и зарубежных установок [315].

Удаление с поверхностей деталей продуктов коррозии можно выполнить химической, механической или абразивно-жидкостной обработкой.

При химическом способе очистки от продуктов коррозии пораженные коррозией поверхности протравливают растворами соляной, фосфорной, серной и других кислот.

При механическом способе очистки используют металлические щетки или металлический песок, подающийся на очищаемую поверхность деталей сжатым воздухом, и позволяющий осуществлять очистку массивных деталей.

Для удаления старых ЛКП применяют растворители, смывки, растворы щелочей и специальный инструмент. Чаще старые ЛКП с поверхностей деталей из черных металлов удаляются обработкой деталей в растворе едкого натра (каустической соды) температурой 85°C и концентрацией 50-100 г/л. Для сокращения продолжительности процесса снятия ЛКП в 2-3 раза в раствор каустической соды вводят ускорители, в качестве которых используют смесь монофенилового эфира этиленгликоля с триэтаноламином (1-10% от массы едкого натра) или трипропиленгликоль. После обработки в растворе щелочи

детали промывают в чистой воде при температуре 50-60°C. В завершение процесса детали нейтрализуют в 10%-м водном растворе ортофосфорной кислоты, после чего на поверхности деталей остается пленка фосфатов, которая временно на период межоперационного хранения защищает поверхность детали от коррозии и выполняет роль грунта при последующем нанесении ЛКМ.

Если технологические или конструктивные особенности деталей не позволяют удалять старые ЛКП в щелочных растворах или это нецелесообразно по экономическим соображениям, то их удаляют с помощью растворителей или используя специальные смывки, а также специальный инструмент. После смачивания смывкой поверхности детали, ЛКП удаляется скребками, очищенная поверхность протирается ветошью, которая смачивается уайт-спиритом или водным раствором СМС. Иногда старое ЛКП удаляют механическим способом с помощью металлических проволочных щеток различных типов (дисковых, кольцевых, торцевых и др.).

Удаление консервационных смазок с поверхностей деталей производят обработкой растворами СМС [154].

Проведенный анализ позволяет констатировать, что наиболее предпочтительным способом является мойка узлов, агрегатов и деталей с погружением в ванну с возбуждением растворов моющих средств различными методами для интенсивного взаимодействия раствора с обмываемой поверхностью.

В зависимости от степени загрязнения (слабая, средняя, сильная) поверхности деталей используют различные способы очистки: механический, химический, физический. Ускорение процесса мойки возможно при нагреве растворов, подаче их под давлением, при дополнительной вибрации деталей. От правильного выбора физико-химической активности моющего раствора, его температуры и соответствующей активации мойки зависит продолжительность и качество мойки.

1.6 Моющие составы и их свойства

Мойка поверхностей изделий, подлежащих ремонту, является строго обязательной операцией в технологическом процессе их ремонта.

В недавнем прошлом в ремонтных мастерских автотранспортных предприятий, колхозов и совхозов детали очищали кисточкой с использованием для этого керосина, дизтоплива, ацетона, уайт спирита, а также и бензина в специальной емкости, хотя это никак не соответствовало требованиям пожаро- и взрывобезопасности. Тем более эти средства токсичны и представляют определенную опасность для окружающей среды и здоровья человека, т. к. вредно влияют на кожу и органы дыхания. Использование вышеназванных средств для мойки и очистки деталей приводило к нерациональному расходованию ресурсов. После завершения мойки деталей требовалась промывка их горячей водой. На это уходило много времени, а степень очистки деталей оставалась низкой.

В современных условиях для мойки деталей в технологических процессах ремонта узлов и агрегатов мобильной техники начали применять водорастворимые негорючие моющие средства, т.к. это положительно сказывается и на охране здоровья работающих, и защите окружающей среды, и экономии природных ресурсов. Наиболее эффективно для этого использование СМС, моющее действие которых основывается на процессах растворения, адсорбции, эмульгирования, диспергирования загрязнений и других [195]. Ассортимент применяемых СМС самый разнообразный.

Широкое применение для мойки деталей в технологических процессах ремонта узлов и агрегатов мобильной техники на СХПК и автотранспортных предприятиях нашли такие СМС, как МЛ-51, Лабомид-203, МС-8 [248].

К недостаткам выпускаемых в настоящее время СМС можно отнести сравнительно невысокие моющие и противокоррозионные свойства, которые необходимо улучшить с целью повышения степени очистки поверхностей деталей и их коррозионной стойкости.

Согласно ГОСТ 18206-78, ОСТ70.0001.216-85, допустимая масса остаточных загрязнений зависит от шероховатости поверхности (таблица 1.7).

Таблица 1.7 – Допустимая масса остаточных загрязнений на поверхности ремонтируемых изделий [250]

Шероховатость поверхности, мкм	Допустимая масса загрязнений, мг/см ²	Рекомендуемый способ очистки
$R_z < 10$	1,25	Струйная очистка под давлением 0,5-0,8 МПа
$0,63 < R_a < 2,5$	0,7	Выварка в моечных ваннах
$0,11 < R_a < 0,63$	0,25	Выварка в моечных ваннах

Незащищенные поверхности деталей (шкивы, звездочки и т.п.) имеют шероховатость, полученную при их токарной обработке: $R_z < 10$, при шлифовке – $0,63 < R_a < 2,5$, а при полировке или хонинговании – $0,11 < R_a < 0,63$.

Если для мойки поверхностей машин на открытых площадках используется вода из артезианских скважин, то в моечных установках и камерах для мойки узлов и их деталей необходимо применять специальные моющие композиции (таблица 1.8) температурой 80-95°C. При размещении очищаемых деталей на вращающихся столах моющая жидкость подается через форсунки под определенным давлением.

Таблица 1.8 – Состав растворов моющих средств и режимы очистки агрегатов, узлов и деталей машин [248]

Состав раствора моющего средства	Концентрация, г/л	Режим мойки		Назначение моющего раствора
		температура, °C	продолжительность, час	
1	2	3	4	5
Едкий натр	50,0	75-85	4-6	Выварка стальных и чугунных деталей для удаления смолистых отложений
Едкий натр Жидкое стекло	30,0 5,0	75-85	4-6	– // – // –

Продолжение таблицы 1.8

1	2	3	4	5
Едкий натр Хромпик	100,0 5,0	80-90	2-3	-- -- --
Кальцинированная сода Хромпик	10,0 3,0	80-90	3-4	Выварка деталей из цветных металлов в ваннах
Едкий натр Кальцинированная сода Жидкое стекло Мыло	25,0 33,0 1,5 8,5	80-90	2-3	Выварка стальных деталей в ваннах
Едкий натр Кальцинированная сода Жидкое стекло Мыло Хромпик	25,0 31,0 10,0 8,0 5,0	80-90	2-3	-- -- --
Кальцинированная сода Жидкое стекло Мыло	8,5 8,5 10,0	80-90	2-3	Выварка алюминиевых деталей в ваннах
Кальцинированная сода Мыло Хромпик	10,0 10,0 5,0	80-90	2-3	-- -- --
Кальцинированная сода Жидкое стекло Мыло Хромпик	20,0 8,0 10,0 5,0	80-95	2-3	-- -- --
Едкий натр Кальцинированная сода Тринатрийфосфат Мыло	7,5 5,5 10,0 10,0	80-95	0,68-1,42	Струйная мойка стальных и чугунных деталей
Кальцинированная сода Жидкое стекло ДС РАС	15,0 2,0-5,0 1,0	85-95	0,68-1,42	-- -- --
Кальцинированная сода (или едкий натр) Жидкое стекло	10,0 3,0-5,0	85-95	0,68-1,42	-- -- --
Едкий натр Кальцинированная сода Тринатрийфосфат ОП-7 или ОП-10	10,0 20,0 10,0 2,0	40-60	0,08-0,17	Ультразвуковая очистка стальных деталей

Анализ данных таблицы 1.8 показывает, что основными компонентами моющих средств являются: едкий натр (каустическая сода); кальцинированная сода; силикат натрия (жидкое стекло); хромпик; тринатрийфосфат; метасиликат натрия.

Каустическая сода хорошо растворима в воде, спирте и глицерине, растворение сопровождается выделением тепла. Представляет собой твердое гигроскопическое вещество в виде кристаллов или полушариков белого цвета. Каустическая сода относится к сильным основаниям, величина рН его 1%-го раствора равна ≈ 13 , т.е. имеет щелочную реакцию. Попадание раствора едкого натра на кожу вызывает ожоги, а попадание его в глаза приводит к слепоте. У работающих с едким натром ногти становятся ломкими, трескаются на краях и отделяются от ногтевого ложа. Каустическая сода в настоящее время является основным компонентом большинства моющих растворов, хотя поверхностное натяжение ее растворов выше, чем у воды, и с повышением концентрации оно еще более возрастает. В качестве самостоятельного моющего средства применяется для удаления (очистки) смолистых отложений с поверхности стальных и чугунных деталей способом выварки в моечных камерах. Длительность процесса зависит от толщины загрязнений и может составлять 4-6 часов. Растворы каустической соды токсичны, коррозионно-агрессивны по отношению к металлам, имеют низкую моющую способность [304]. В связи с высокой коррозионной агрессивностью растворы, содержащие каустическую соду, используемые при мойке изделий из черных металлов, нельзя использовать для мойки деталей из сплавов алюминия. Для повышения их противокоррозионного эффекта в растворы каустической соды добавляют противокоррозионные присадки (хромпик, нитрит натрия). При использовании для мойки деталей щелочных растворов после мойки их необходимо ополаскивать в чистой воде.

Растворы на основе каустической соды по отношению к черным металлам с точки зрения коррозии агрессивны. После выварки детали промывают теплой проточной водой, сушат, обдувая теплым воздухом. Межоперационный период

хранения составляет 5-7 суток (120-168 часов), а при необходимости более длительного хранения требуется специальная защита [18]. Для повышения эффективности в раствор каустической соды можно вводить жидкое стекло в концентрации 5 г/л, который способствует снижению концентрации каустической соды с 50 до 30 г/л, тем самым снижая токсичность моющего раствора.

Силикаты натрия – это соли кремниевой кислоты общей формулой $m\text{Na}_2\text{O}\cdot n\text{SiO}_2$. Отношение $\text{SiO}_2 : \text{Na}_2\text{O}$ называется модулем. При изменении модуля меняются и свойства силиката. В моющих растворах применяют силикаты с модулем до четырех. Наиболее распространенным является жидкое стекло. Силикат натрия растворяется в воде. Растворы его имеют слабощелочную реакцию, поверхностное натяжение двухпроцентного раствора силиката натрия равно 77 дин/см.

Наиболее щелочным является метасиликат натрия. рН водных растворов метасиликата натрия находится в пределах от 11,9 до 12,95 при концентрации от 0,04 до 0,44.

Силикаты предотвращают коррозию металлов, особенно алюминия.

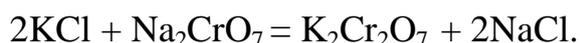
В связи с малой эффективностью жидкого стекла его применяют в составе других моющих средств, а не как самостоятельное моющее средство.

Вышеприведенные моющие композиции для мойки изделий из алюминия и его сплавов не применяются, т.к. щелочные растворы по отношению к алюминиевым изделиям агрессивны с точки зрения коррозии в связи с разрушением окисной пленки.

В состав некоторых моющих средств входит хромпик, который встречается в виде хромпика калиевого (ГОСТ 2652-78) и хромпика натриевого. Хромпик калиевый (бихромат калия) имеет молекулярную массу 244,1, цвет – оранжевый, хорошо растворяется только в горячей воде при температуре, близкой 100°C.

Хромпик натриевый в состав моющих средств почти не входит. Хромпик не является ингибитором коррозии для металлов, но усиливает эффективность

моющих композиций, способствует снижению концентрации СМС в моющих растворах. При работе с хромпиком важно применять защиту органов дыхания, кожи, т.к. хромпик высокотоксичное вещество, способное разрушить кожные покровы, дыхательные пути, хрящевые ткани, канцерогенен. ПДК 0,01 мг/м³ (в пересчёте на CrO₃). Получают действием хлорида калия на дихромат натрия [117].



Тринатрийфосфат представляет собой белую или окрашенную в желтый (или розовый) цвет кристаллическую массу, легко слеживающуюся в монолит и хорошо растворимую в воде. Водные растворы тринатрийфосфата имеют щелочную реакцию, водородный показатель их изменяется от 11,7 до 12,75 в пределах концентрации от 0,04 до 0,44. Получают его при нагревании мононатрийфосфата и динатрийфосфата. Он может образовать водорастворимые комплексы с имеющимся в жесткой воде кальцием, и с кальцием в составе твердых загрязнений. Вследствие этого поверхность загрязнений смачивается и легко смывается водой.

Триполифосфат натрия повышает прочность ПАВ, окружающего частички загрязнений, что способствует предотвращению повторного осаждения загрязнений на уже очищенную поверхность. Триполифосфат натрия является эффективным водосмягчителем, что позволяет использование жесткой воды для мойки и очистки деталей.

Метасиликат натрия – это соль кремниевой кислоты. Его получают взаимодействуя растворы едкого натра и силиката натрия, выпаривая образовавшийся раствор. При производстве моющих средств чаще используют наиболее щелочные силикаты с модулем 2,05-3,0, к которым относится метасиликат натрия.

Концентрации метасиликата натрия влияет на реакцию его раствора (таблица 1.9). Высокий отрицательный заряд метасиликата способствует эффективному повышению моющего действия растворов СМС.

Таблица 1.9 – Влияние концентрации метасиликата натрия на реакцию его раствора

Концентрация (нормальность), г/л	0,04	0,16	0,20	0,30	0,36	0,4	0,44
pH	11,9	12,3	12,6	12,7	12,8	12,9	12,95

Силикаты натрия обладают хорошей растворимостью. Благодаря этому свойству они способствуют снижению коррозионного разрушения металлов, умягчению и повышению моющих свойств растворов ПАВ.

Зависимость растворимости метасиликата натрия от температуры воды приведено в таблице 1.10. Метасиликат натрия хорошо растворяется в воде. Раствор имеет щелочную реакцию, водородный потенциал изменяется в пределах от 11,9 до 12,95 в зависимости от концентрации от 0,04 до 0,44.

Таблица 1.10 – Растворимость метасиликата натрия в воде в зависимости от ее температуры

Температура, °С	20	35	60	80
Растворимость на 100 г/л	18,8	34,5	93,5	160,6

В настоящее время для мойки поверхностей узлов, агрегатов и деталей с загрязнениями нежирового (пыль, грязь и др.), маслянисто-грязевого (остатки смазочных материалов), углеродистого (накипь; нагар, накипь, продукты коррозии) и технологического (в процессе ремонта) происхождения, не смываемыми струей воды, применяют водные растворы СМС. Состав наиболее используемых в настоящее время СМС приведен в таблице 1.11.

Основу СМС составляют ПАВ и ряд щелочных солей [320]. Перечень и краткая характеристика наиболее распространенных СМС приведена в [304].

СМС выпускаются отраслью бытовой химии в виде сыпучего гигроскопического белого или светло-желтого порошка. Одним из направлений в этой отрасли является разработка энерго- и ресурсосберегающих технологий, позволяющих создать конкурентоспособные СМС различного назначения.

Отечественными производителями активно решается ряд актуальных вопросов, таких как сокращение производства фосфорсодержащих СМС,

применение энерго- и ресурсосберегающих технологий, создание новых видов продукции, отвечающей требованиям мировых стандартов по моющей способности, биохимической разлагаемости, гранулометрическому составу и другим показателям. Однако на сегодняшний день СМС не занимают лидирующих позиций на отечественном рынке. Основной причиной является применение традиционных рецептур и способов производства СМС, в то время как ведущие мировые производители активно внедряют инновационные технологии.

Таблица 1.11 – Состав синтетических моющих средств [248], в процентах по массе

Компоненты моющих средств	Марка моющих средств									
	Лабомид-101	Лабомид-203	МС-6	МС-8	МС-15	МС-17	Темп-100	Темп-100А	МЛ-51	МЛ-52
Кальцинированная сода	50	50	40	38	44-42	40	40,5	40,5	44	50
Тринатрийфосфат	-	-	-	-	-	-	20	20	34,5	30
Триполифосфат натрия	30	30	25	25	22	26	15	15	-	-
Метасиликат натрия	16,5	10	29	29	28	28	20	20	-	-
Карбамид	-	-	-	-	-	-	2,5	2,0	-	-
Синтанол ДС-10	3,5	8	6	-	-	-	1,5	1,5	-	-
Синтамид-5	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-
Алкилсульфаты	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Гексаметилендиамин	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-
Нитрит натрия	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-
Оксифос-Б	-	-	-	-	6-8	-	-	-	-	-
Синтамид-510	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-
Оксифос КД-6	-	-	-	-	-	-	0,5	0,5	-	-
Жидкое стекло	-	-	-	-	-	-	-	-	20	10
Смачиватель ДБ	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	8,2
Сульфанол НП-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,8

Примечание – Названия средств расшифровываются так: Лабомид – лаборатория очистки машин и деталей; МС – моющее средство (разработка МИИСП); Темп – технический моющий препарат.

СМС можно разделить на две категории: технического и бытового назначения. Технические моющие средства (ТМС) – это многокомпонентные системы, в состав которых включаются обезжиривающие, диспергирующие, эмульгирующие и противокоррозионные средства, а также растворители, стабилизаторы, дезодоранты, противовспениватели. Их применяют для обезжиривания металлических поверхностей, мытья и очистки промышленного оборудования, технологических и транспортирующих средств, обработки металлических поверхностей перед покраской и др. Недостатком многих ТМС является необходимость нагревания их рабочих растворов с целью увеличения степени очистки поверхностей, что требует значительных энергозатрат. Поэтому разработка составов для холодного обезжиривания металлических поверхностей является технологической новинкой на рынке ТМС [61]. Имеется ряд патентов, в которых предложены составы моющих средств для очистки резервуаров и металлических поверхностей от остатков нефти, нефтепродуктов и масел в химической, нефтехимической, нефтяной, нефтеперерабатывающей и других отраслях промышленности, а также на транспорте, которые отличаются высокой моющей способностью [92, 149, 150, 151, 335].

Последние разработки показали, что разработанное порошкообразное средство обладает моющей способностью при низкотемпературном обезжиривании деталей ДВС [151]. При промывке деталей ДВС рабочим моющим составом загрязнения в виде индустриального масла и абразивных частиц удаляются полностью. Коррозия на поверхности деталей, промытых моющими составами в диапазоне исследованных концентраций, не обнаружена. Они разработаны на уровне изобретения, некоторые из них можно применять при комнатной температуре [151].

Новыми на рынке СМС являются жидкие, пастообразные, концентрированные и таблетированные моющие средства.

Производство порошкообразных СМС требует специального дорогостоящего оборудования, большой единичной мощности, а следовательно, больших производственных площадей. Производство жидких моющих средств

основано на процессе смешивания, поэтому основным видом необходимого оборудования является смеситель. Кроме того при производстве жидких моющих средств образуется гораздо меньше отходов производства и вредных выбросов в окружающую среду. Это значительно упрощает технологический процесс производства и позволяет существенно снизить материальные и энергетические затраты [18]. Жидкие СМС не вызывают аллергических реакций, так как не попадают в дыхательные пути в отличие от порошкообразных моющих средств; легко и удобно дозируются, обеспечивая экономный расход; надежны в хранении; хорошо растворяются и легко вымываются водой; универсальны в применении и удобны при обработке загрязненных участков. Однако доля жидких моющих средств в последние годы в нашей стране составила менее 3%, тогда как в Западной Европе – более 25%, в США и Канаде – более 50% [18].

Основными причинами медленного роста рынка жидких моющих средств является низкий уровень выполнения требований технологического процесса мойки, высокая цена.

Пастообразные СМС производятся ООО НПП «Химэкс» (Россия). Преимущество использования аналогично жидким СМС, однако их производство более ограничено как на мировом рынке, так и на рынке России.

Наиболее перспективным сегментом рынка являются концентрированные СМС, которые содержат большее количество активных компонентов, чем в обычных моющих средствах, и являются более экономными при использовании [18, 19].

Сегмент таблетированных СМС на мировом рынке представлен ограниченно, на отечественном не представлен вообще.

Вышеизложенное показывает, что в ремонтном производстве мобильной техники на сегодня и в ближайшем будущем остаются СМС отечественного производства типа Лабомид, МС, и МЛ, что согласуется с нашими выводами, приведенными в ранних статьях [286, 287, 290], а также других авторов [18, 19].

Краткие характеристики составов Лабомид, МС, и МЛ представлены в [304]. Они растворимы в воде, не вызывают ожогов кожи, пожаробезопасны, не являются токсичными, биологически разлагаются после слива в канализацию, обеспечивают возможность одновременно производить мойку изделий и из цветных, и из черных, и из легких металлов и сплавов. После мойки деталей в растворах этих препаратов нет необходимости споласкивать детали водой [311].

Однако выпускаемые промышленностью и используемые в настоящее время в ремонтном производстве СМС кроме преимуществ имеют и недостатки: низкая скорость очистки; невысокие моющие и противокоррозионные свойства по защите очищаемой поверхности металлических изделий от коррозии, повышенное пенообразование при струйной мойке, плохая очистка от асфальто-смолистых отложений, необходимость поддержания высоких температур моющих композиций и связанные с ней затраты энергии [311].

Для снижения коррозионной активности СМС, содержащих щелочи, кислоты или их соли, в их состав вводят ингибиторы коррозии, чаще на основе хрома. Защитное действие ингибиторов коррозии основано на образовании защитной пленки на поверхности защищаемого металла в результате химической реакции ингибитора с металлом и коррозионной средой. Соединения хрома представляют собой токсичные, опасные для здоровья человека и окружающей среды вещества [43], по этой причине вместо них желательно применять нетоксичные ингибиторы коррозии. Доказано [314], что некоторые соединения бора обладают моющими и ингибиторными свойствами в водных средах и являются экологически безвредными добавками.

Санитарно-гигиенические требования, правила безопасности при использовании моечного оборудования и растворов СМС при мойке агрегатов, узлов и деталей в ремонтном производстве приведены в [304].

1.7 Выводы по первой главе, постановка цели и задач исследования

1. Технологический процесс ремонта мобильной техники включает наружную мойку, мойку узлов, агрегатов и мойку деталей после разборки узлов и агрегатов. Эффективное удаление всех загрязнений при ремонте мобильной техники и ее составных частей способствует повышению производительности труда, снижению материальных и трудовых затрат, и улучшению санитарно-гигиенических условий труда работников. С другой стороны, моечно-очистные процессы требуют существенных затрат труда, наличия специального энергонасыщенного оборудования, вызывают большой расход дорогостоящих моющих средств.

2. Серийно выпускаемые СМС имеют сравнительно невысокие моющие и противокоррозионные свойства, что вызывает необходимость разработки СМС различного целевого назначения для энерго- и ресурсосберегающих технологий мойки изделий.

3. Оптимизация параметров технологического процесса мойки мобильной техники и ее составных частей является важной технико-экономической задачей. Оптимизация параметров предусматривает обоснование продолжительности процесса мойки, температуры раствора, состава СМС по наличию компонентов и их концентрации.

4. Оптимизация технологического процесса мойки мобильной техники и ее составных частей осложняется наличием жёстких ограничений различного характера: экономических, экологических, санитарных, энергетических и др.

На основе проведенного анализа нами поставлены следующая цель, гипотеза и задачи исследования.

Цель исследования – повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве.

Гипотеза исследования: эффективность технологического процесса мойки при ремонте автомобилей может быть повышена путем оптимизации его

параметров (продолжительности процесса, температуры моющего раствора и его состава по наличию СМС, нетоксичных активизирующих добавок и их концентрации), что обеспечит максимальное качество очистки и повышение противокоррозионной защиты агрегатов, узлов и деталей мобильной техники при снижении материальных и трудовых затрат.

Эффективность технологического процесса мойки зависит от степени очистки и коррозионной стойкости вымытых деталей. Степень очистки и коррозионная стойкость в свою очередь определяются режимом, способом мойки, средствами и оборудованием для мойки, адекватность выбора которых зависит от вида загрязнений, размеров и материалов деталей. В связи с этим для реализации цели исследования и проверки гипотезы поставлены следующие **задачи:**

1. Выявить резервы повышения эффективности технологического процесса мойки для снижения материальных и трудовых затрат при ремонте автомобилей.

2. Сформировать концепцию оптимизации технологического процесса мойки, обосновать параметры оптимизации, выявить влияющие на них факторы и разработать методы оптимизации.

3. Реализовать комплексный подход к исследованиям технологического процесса мойки мобильной техники и ее составных частей при одновременном учете необходимости тщательной мойки поверхностей перед ремонтом и надежной защиты от коррозии.

4. Провести экспериментальные исследования по выявлению зависимостей параметров оптимизации технологического процесса мойки от влияющих на них факторов, установить закономерности изменения моющих и противокоррозионных свойств СМС и специальных добавок в растворы. Экспериментально обосновать области оптимальных значений факторов технологического процесса мойки.

5. Провести производственную проверку полученных результатов и рассчитать экономическую эффективность результатов исследования.

ГЛАВА 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МОЙКИ ПРИ РЕМОНТЕ МОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

2.1 Анализ влияния факторов условий эксплуатации на ресурс мобильной сельскохозяйственной техники

Одной из наиболее важных задач управления транспортным комплексом России является обеспечение максимальной эффективности функционирования транспортно-дорожного комплекса страны путем повышения качества удовлетворения потребностей экономики и населения в безопасных и эффективных транспортных услугах [74]. Одним из путей реализации этой задачи является поддержание парка мобильной техники в технически исправном состоянии.

Основы обеспечения работоспособности подвижного состава в процессе его эксплуатации определяются «Положением о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта», который был утвержден Министерством автомобильного транспорта РСФСР 20 сентября 1984 г. (далее «Положение»), с учетом условий эксплуатации [182].

Положению более 30 лет, за это время изменился качественный уровень и надежность транспортных средств, следовательно, изменились периодичность и трудоемкость ТО и ремонта. Положение не в полной мере соответствует современным требованиям технической эксплуатации транспортных средств: многие позиции устарели и многое не учитывается. Однако взамен устаревшего Положения не издан ни один заменяющий его официальный документ, поэтому на предприятиях, связанных с использованием транспортных средств, и в настоящее время вынуждены руководствоваться данным Положением.

Согласно Положению, условия эксплуатации подразделяются на пять категорий, которые отличаются типом дорожного покрытия и типом рельефа местности [182].

Нормативы, регламентирующие техническое обслуживание и ремонт ПС, корректируются коэффициентами в зависимости от:

- условий эксплуатации автомобилей – K_1 ;
- модификации и организации работы ПС – K_2 ;
- природно-климатических условий – K_3 ;
- пробега с начала эксплуатации – K_4 и K'_4 ;
- размеров АТП и количества технологически совместимых групп подвижного состава – K_5 .

Коэффициент, корректирующий нормативы в зависимости от природно-климатических условий, учитывает и агрессивность окружающей среды, к которой относятся загрязнения поверхности автомобильных дорог [169, 197, 279, 280, 293, 294, 297], загрязнения воздуха атмосферы различными химическими веществами и соединениями, а также пылью и частицами почвы [11, 15].

Эффективность мобильной сельскохозяйственной техники зависит от условий эксплуатации [84]. Анализ влияния условий эксплуатации и некоторых загрязнений на ресурс узлов и агрегатов мобильной техники выполнен на основе собственных исследований, руководствуясь [36, 99].

Исследовали следующие факторы:

- влияние загрязнений поверхности автомобильных дорог на коррозию деталей кузова автомобиля;
- влияние загрязнения пылью и частицами почвы на продолжительность работы втулочно-роликовых цепей;
- влияние отложений нагара, загрязнений топлива, деталей газораспределительного механизма и системы смазки на продолжительность работы цилиндропоршневой группы дизельных двигателей Д-240 и Д-240Л.

Детали кузова мобильной техники в процессе эксплуатации подвергаются воздействию коррозионно-агрессивных реагентов дорожного покрытия. Основными компонентами загрязнения поверхности автомобильных дорог являются ионы хлора Cl^- , аммиака NH_4^+ , сульфатов SO_4^{2-} , нитратов NO_3^- . Проведенный нами химический анализ загрязнений (жидкая среда, полученная

растоплением загрязненного снега), пробы которых отобраны с поверхности дорожных покрытий с ноября по март 2013-2014 и 2014-2015 гг. в г. Чебоксары – на перекрестке улиц Дзержинского и К. Маркса, в г. Новочебоксарск – на перекрестке улиц В. Терешковой и Винокурова и на 684-м километре автомагистрали М-7 «Москва – Уфа» в районе населенного пункта Табанары (в 30 км от г. Чебоксары), показал, что наибольшую концентрацию активных ионов из всех составляющих загрязнения дорожного покрытия имеют, мг-экв/л: хлориды 22,00-26,00; аммиак 0,25-0,55; нитраты 5,00-7,00; сульфаты 5,18-5,82. Химический анализ загрязнений проводили в сертифицированной лаборатории ООО «Изыскатель» (г. Чебоксары), результаты анализа приведены в [304].

В соответствии с планом исследований, постановкой экспериментов по плану полного факторного эксперимента $N = 2^4$, который требует всего 16 вариантов в одной серии опытов, изучено влияние вышеуказанных четырех составляющих загрязнения, имеющих наибольшую концентрацию на поверхности дороги. При подготовке электролитов для проведения экспериментов учитывалась растворимость составляющих загрязнения в воде.

Исследования проведены, используя многофакторный эксперимент плана $N = 2^4$ на двух уровнях. Данные по планированию эксперимента приведены в таблице 2.1, результаты экспериментов – в таблице 2.2.

Таблица 2.1 – Данные по планированию многофакторного эксперимента плана $N = 2^4$, в мг-экв/л

Показатели	Концентрация составляющих загрязнения			
	Cl^- , x_1	NH_4^+ , x_2	NO_3^- , x_3	SO_4^{2-} , x_4
Основной уровень	24,00	0,40	6,00	5,50
Интервал варьирования	2,00	0,15	1,00	0,32
Верхний уровень «+»	26,00	0,55	7,00	5,82
Нижний уровень «-»	22,00	0,25	5,00	5,18
Примечание: Основной уровень концентрации принят близко к реальному, определенному при анализе проб, взятых с дорожной поверхности.				

Таблица 2.2 – Результаты экспериментов

№ вариантов	№ образцов	Масса, г		Изменение массы, г	Скорость коррозии, г/м ² ·год	Средняя скорость коррозии в вариантах, г/м ² ·год	Дисперсия построчная S _j ²
		до эксперимента	после эксперимента				
1	2	3	4	5	6	7	8
1	01	21,46060	21,42765	0,03295	960	862	7321
	02	21,91075	21,88365	0,02710	802		
	03	21,92765	21,89940	0,02825	824		
2	04	21,42800	21,38715	0,04035	1192	1242	2316
	05	22,03100	21,98680	0,04420	1288		
	06	21,53580	21,49325	0,04255	1240		
3	07	21,58448	21,55710	0,02735	797	868	3781
	08	21,37035	21,33935	0,03100	904		
	09	21,65950	21,62850	0,03100	903		
4	10	21,71360	21,67090	0,04270	1245	1190	4339
	11	21,00005	20,95860	0,04145	1208		
	12	21,74585	21,70755	0,03830	1117		
5	13	21,85145	21,82035	0,03110	907	843	5224
	14	21,05410	21,02655	0,02755	803		
	15	21,45975	21,43175	0,02800	816		
6	16	21,45500	21,42520	0,02980	869	892	3703
	17	21,93305	21,90385	0,02920	846		
	18	21,56815	21,53515	0,03300	961		
7	19	21,71815	21,69210	0,02605	759	837	609
	20	22,12170	21,09295	0,02875	838		
	21	22,16555	21,13420	0,03135	914		
8	22	21,62465	21,57695	0,04770	1390	1320	10075
	23	22,3005	22,25370	0,04680	1365		
	24	21,76575	21,72445	0,04130	12105		
9	25	20,45320	21,42650	0,02670	779	866	5733
	26	20,89700	20,86605	0,03095	902		
	27	21,52080	21,48935	0,03145	917		

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8
10	28	21,37150	21,32045	0,05105	1487	1420	4993
	29	21,73700	21,68810	0,04890	1425		
	30	21,21400	21,16780	0,04620	1346		
11	31	21,58430	21,55710	0,02720	793	852	5919
	32	21,56000	21,53175	0,02825	824		
	33	20,89660	21,57440	0,03220	939		
12	34	20,96245	21,91365	0,04880	1422	1340	5109
	35	21,20420	21,15990	0,04430	1291		
	36	21,17910	21,13420	0,04490	1307		
13	37	21,46140	21,42285	0,03855	987	888	11511
	38	21,25625	21,22525	0,03100	903		
	39	20,99005	21,96350	0,02655	774		
14	40	21,9025	21,53780	0,05245	1529	1460	9875
	41	21,7800	21,72850	0,05150	1502		
	42	21,68885	21,64270	0,04615	1345		
15	43	21,91925	21,89065	0,02860	833	890	7073
	44	21,37665	21,34955	0,02910	849		
	45	21,27555	21,24175	0,03380	986		
16	46	21,74835	21,70300	0,04535	1322	1390	9345
	47	21,33640	21,29020	0,04620	1347		
	48	21,77570	21,72420	0,05150	1501		

По данным таблицы 2.2 определены построчные дисперсии и их сумма:

$$S_j^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (y_j - \bar{y}_j)^2}{m-1},$$

$$\sum_{j=1}^m S_j^2 = 102276 \text{ (г/м}^2 \cdot \text{год)},$$

а затем воспроизводимость экспериментов по критерию Кохрена:

$$G_{\delta} = \frac{S_j^2 \max}{\sum_{j=1}^m S_j^2} = \frac{11511}{102276} = 0,1125$$

Табличные значения критерия при $N = 16$ и надежности $\gamma = 0,95$ составляет:

$$G_{\text{табл}} \approx 0,252, \text{ т.е. } G_p < G_{\text{табл}}.$$

Это подтверждает, что результаты экспозиций однородны, значит, можно приступить к определению неизвестных коэффициентов вычисляемого уравнения регрессии:

$$K = 1072,5 + 209x_1 - 13,37x_2 + 7,5x_3 + 65,75x_4 + 14,87x_1x_2 - 8,7x_1x_3 + 55x_1x_4 - 30,87x_2x_3 - 33,62x_2x_4 + 22,5x_3x_4 + 30,37x_1x_2x_3 + 32,1x_1x_2x_4 + 50x_1x_3x_4 - 27,63x_2x_3x_4 + 31,1x_1x_2x_3x_4.$$

Некоторые коэффициенты уравнения регрессии имеют незначительную величину. В связи с этим проведем статистический анализ уравнения вычислениями в следующей последовательности:

а) определена дисперсия воспроизводимости:

$$S_j^2 = \frac{\sum_{j=1}^m S_j^2}{N} = 6429;$$

б) определена дисперсия среднего значения:

$$[S_j^2] = \frac{S_j^2}{m} = 2143;$$

в) определена дисперсия коэффициентов регрессии:

$$S\{b_i\} = \frac{[S_j^2]}{N} = 133,95;$$

г) определена ошибка коэффициентов регрессии:

$$S\{b_i\} = 11,55;$$

д) определены условия значимости коэффициента: $b_i \geq 11,55 \cdot 2,02$.

Окончательное уравнение регрессии будет выглядеть в следующем виде:

$$y = 1072,58 + 209x_1 + 65,75x_4 + 55x_1x_4 - 30,87x_2x_3 - 33,62x_2x_4 + 30,37x_1x_2x_3 + 32,1x_1x_2x_4 + 50x_1x_3x_4 - 27,63x_2x_3x_4 + 31,1x_1x_2x_3x_4.$$

Проверку адекватности окончательного уравнения к первоначально полученному выполнили с использованием критерия Фишера [100]:

$$F_p = \frac{\max\{S_{ad}^2; [S_j^2]\}}{\min\{S_{ad}^2; [S_j^2]\}} = 1,73$$

Расчетные значения F_p сравнивали с табличным $F_{таб}$:

$$F_p\{N; \nu_1 = B - 1; \nu_2 = N(m - 1)\},$$

где $[S_j^2]$ – дисперсия среднего значения по результатам экспериментов;

$S_{ад}^2 = \frac{1}{N-B} \cdot \sum(k_j - \hat{k}_j)$ – критерий адекватности окончательного уравнения регрессии к первоначально полученному;

ν_1 – число степеней свободы членов уравнения регрессии, $\nu_1 = B - 1 = 10 - 1 = 9$;

ν_2 – число степеней свободы совокупности, $\nu_2 = N(m - 1) = 16(3 - 1) = 32$.

\hat{k}_j – значение выходов по вариантам, полученных при решении окончательного уравнения регрессии (после исключения членов уравнения с коэффициентами, имеющими незначительную величину).

$y_j = b_j \cdot x_j$. Расчет суммы $(y_j - \hat{y}_j)^2$ приведен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Расчет суммы $(y_j - \hat{y}_j)^2$

№№ п/п	y_j	\hat{y}_j	$ y_j - \hat{y}_j $	$(y_j - \hat{y}_j)^2$
1	862	836,08	25,92	671,8
2	1242	1245,01	3,01	9,00
3	868	869,29	1,29	1,66
4	1190	1179,05	10,95	119,90
5	843	873,18	30,18	910,83
6	892	858,03	33,97	1153,96
7	837	825,24	11,76	138,29
8	1320	1349,55	29,55	873,20
9	866	852,55	13,45	180,90
10	1420	1449,55	29,55	873,20
11	852	828,18	23,82	567,39
12	1340	1313,61	26,39	696,43
13	888	898,72	10,72	114,92
14	1460	1473,80	13,8	190,44
15	890	895,47	5,47	29,93
16	1390	1413,49	23,49	551,78
Сумма				7183,66

Тогда: $S_{ад}^2 = \frac{7183,66}{16-10} = 1197,28$.

Известно: $[S_j^2] = 2130,76$.

Откуда, расчетное значение критерия Фишера составит:

$$F_p = \frac{2130,76}{1197,28} = 1,7796,$$

а табличное значение при $\nu_1 = B - 1 = 10 - 1 = 9$; $\nu_2 = N(m - 1) = 16(3 - 1) = 32$; $p = 0,05$ будет: $F_{таб} = 2,21$.

$$F_p < F_{таб}.$$

Уравнение регрессии после исключения членов уравнения с коэффициентами, имеющими незначительную величину адекватно первоначально полученному. Анализ уравнения регрессии проводили по величине и знакам коэффициентов.

Результаты исследования влияния отдельных составляющих загрязнения полотна дороги на коррозию стали 08 кп приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Влияние отдельных составляющих загрязнения поверхности дороги на процесс коррозии стали 08 кп

Факторы	Значение коэффициентов при переменных	Выводы
x_1	+209	Оказывает наибольшее ускоряющее влияние
x_2	-13,37	Оказывает ингибиторное влияние
x_3	+7,5	Не оказывает существенного влияния
x_4	+65,75	Оказывает ускоряющее влияние на процесс коррозии, но в 3,17 раза меньше, чем хлориды, т.к. имеет меньшую концентрацию
x_1x_4	+55	Оказывает ускоряющее влияние
x_2x_3	-30,87	Оказывает замедляющее влияние
x_2x_4	-33,62	Оказывает замедляющее влияние
$x_1x_2x_3$	+30,37	Оказывает ускоряющее влияние
$x_1x_2x_4$	+32,1	Оказывает ускоряющее влияние
$x_1x_3x_4$	+50	Оказывает ускоряющее влияние
$x_2x_3x_4$	-27,63	Оказывает замедляющее влияние
$x_1x_2x_3x_4$	+31,1	Оказывает ускоряющее влияние

Анализ данных таблицы 2.4 показывает, что:

а) на коррозию стальных образцов из всех изученных компонентов загрязнения дорожной поверхности в большей степени влияют хлориды (Cl^-) и сульфаты (SO_4^{2-}) (коэффициенты при x_1 и x_4 имеют наибольшую величину);

б) ионы аммония (NH_4^+) оказывают ингибиторное влияние, что хорошо согласуется с данными [274], действие нитратов (NO_3^-) в отдельности незначительно (коэффициент x_3 минимален);

в) нитраты (NO_3^-) и аммоний (NH_4^+) имеют ингибиторные свойства, (коэффициенты при членах уравнения с их присутствием имеют отрицательные значения, кроме хлорида), т.е. они тормозят процесс коррозии.

Исследовался разброс результатов экспериментов, проведенных в растворе снежно-грязевого состава с поверхности дороги в г. Чебоксары (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Коррозионные потери стали 08 кп в растворе снежно-грязевого состава с поверхности дороги в г. Чебоксары

№№ образцов	Размеры образцов, см		Масса образцов, г		Расчетные годовые потери массы образцов, г/м ² ·год	
	длина, <i>a</i>	ширина, <i>b</i>	до	после	каждого образца	средние по варианту
			испытания			
21	9,98	3,01	21,56210	21,53170	944,18	963,64
22	10,01	3,00	21,08145	21,04995	978,34	
23	10,00	3,00	21,04980	21,01930	948,46	
24	10,00	3,00	21,07760	21,04760	932,91	
25	10,00	3,00	21,09800	21,06550	979,55	
26	10,01	3,01	20,94450	20,88050	1016,99	
27	10,02	3,01	21,04500	21,01350	982,69	
28	10,00	3,00	21,00420	20,97325	970,56	
29	9,99	3,00	21,00450	20,97265	995,70	
30	9,98	3,01	20,99450	20,96446	939,51	
31	10,00	3,00	20,95490	20,92505	936,62	
32	10,00	3,00	21,00350	20,97375	933,45	
33	10,01	3,00	21,00125	20,97050	964,86	
34	10,00	2,98	20,99450	20,96390	967,14	

Оценивалось качество проведенных экспериментов на возможность ошибок опытов, замеров и обработки результатов.

Оценку принадлежности крайних членов вариационных рядов провели с помощью критерия τ . Данные приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Оценка принадлежности крайних членов рядов к совокупностям

№№ п/п	Оценка левых членов $\tau_{\text{лев}} = \frac{x_2 - x_1}{x_{n-1} - x_1}$	Оценка правых членов		Вывод для	
		$\tau_{\text{прав}} = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_2}$	$\tau_{\text{табл}(n)}$	левого члена	правого члена
1	0,098	0,101	$\tau_{\min(n=5)} = 0,807$	+	+
2	0,485	0,585		+	+
3	0,296	0,369		+	+
4	0,260	0,207		+	+
5	0,068	0,0176	$\tau_{\min(n=14)} = 0,395$	+	+
Примечание: «+» означает принадлежность крайнего члена ряда полученной совокупности.					

Анализ данных таблиц показывает, что ни в одном варианте «сомнительных» дат нет, поэтому для корреляционного и регрессионного анализа можно брать средние значения по вариантам.

Загрязнения поверхности дороги имеют кислую реакцию, что характерно для дорог с повышенной интенсивностью движения мобильной техники. Отработанные газы ДВС выбрасываются из глушителей в основном в направлении поверхности дороги и токсичные газы, содержащие разные компоненты, в том числе и соединения серы, легко растворяются в воздухе, взаимодействуют с влагой в атмосфере (относительная влажность) и преимущественно осаждаются на поверхности проезжей части дорог.

Как показали результаты наших исследований, концентрация агрессивных компонентов загрязнений на дорогах не одинакова. Она зависит от множества факторов, одним из которых является рельеф местности: в низменных местах концентрация выше, чем на возвышенных. Это объясняется тем, что загрязнения вместе с талой водой стекают и концентрируются именно в

низменных местах.

Концентрация компонентов загрязнений на трассе М-7 ниже, чем на городских дорогах г. Чебоксары и г. Новочебоксарск, что объясняется загрязненностью атмосферы городов и количеством рассеиваемых противогололедных реагентов. Все это свидетельствует о том, что эксплуатационные условия для транспортных средств в городах Чебоксары и Новочебоксарск неблагоприятны с точки зрения загрязненности дорожной поверхности и коррозионной активности загрязнений.

Исследовано содержание пыли в воздухе на автомагистрали М-7 «Москва-Уфа» в районе населенного пункта Табанары (в 30 км от г. Чебоксары) и в г. Чебоксары в районе залива (берег реки Волга) и железнодорожного вокзала (ул. Пристанционная). Перепад высоты в этих точках замера составляет около 30 м. Исследования проводили с использованием полихлорвинилового фильтра АФА-13-10 [234]. Расчетное количество воздуха просасывали через фильтр и по привесу фильтра определяли содержание пыли в исследуемом воздухе (таблица 2.7).

Таблица 2.7 – Содержание пыли в воздухе в исследованных зонах, в $г/м^3$

Место отбора проб воздуха	Содержание пыли
г. Чебоксары:	
– район залива	0,05–0,15
– район железнодорожного вокзала	0,20–1,15
Автомагистраль М-7	1,35–2,15

Пыль, осаждаемая на замасленные пятна или места подтека топлива, на поверхности изделий образует масляно-пылевую смесь, которая, попадая в места трения деталей, способствует их быстрому механическому износу [146]. Поэтому в условиях повышенного содержания пыли в воздухе нежелательно применять смазку втулочно-роликовых цепей.

Это положение нами исследовано на примере двух зерноуборочных комбайнов, работающих в полевых условиях СХПК – колхоз им. Ленина Чебоксарского района ЧР. Исследуемые цепи были новыми, до начала

экспериментов обкатаны в течение двух часов, затем прошли проварку в дизельном масле при температуре 60-65°C в течение 20 мин. Комбайны работали в одинаковых условиях в одном загоне. На одном комбайне цепи смазывали через каждые 5 часов, на другом не смазывали. Через каждые 5 часов работы производили замер длины 20 звеньев цепей (таблица 2.8).

Таблица 2.8 – Результаты замера длины 20 звеньев цепей

Продолжительность работы, час	Длина 20 звеньев цепей, мм			
	Без смазки		Со смазкой	
	мм	Относительное удлинение, %	мм	Относительное удлинение, %
0	382	–	382	–
5	383	0,26	386	0,78
10	384	0,52	388	1,31
15	385	0,79	392	2,35
20	385	0,79	395	3,13
25	386	0,46	396	3,39
30	387	1,31	398	3,92

Из данных таблицы 2.8 видно, что интенсивность износа цепи со смазкой в 3 раза выше, чем цепи без смазки. Представленные результаты исследований подтверждают гипотезу о том, что запыленность условий эксплуатации машин напрямую влияет на их ресурс и, как следствие, влияет на их эксплуатационную надежность.

Основными загрязнениями, влияющими на нормальную работу ДВС, являются отложения накипи, нагара, загрязнений топлива на детали ГРМ и системы смазки [313]. Наибольшее вредное воздействие на ДВС оказывает нарушение его теплового режима работы, которое имеет различное значение по цилиндрам. Так, в четырехцилиндровых ДВС в худших условиях работают третий и четвертый цилиндры. Это связано с особенностями конструкции системы охлаждения ДВС. Происходит неравномерный износ цилиндров ДВС, что приводит к неполной реализации ресурса по причине преждевременного выхода из строя ДВС. Техническое состояние ДВС машин определяется при

диагностировании их технического состояния, которое проводится по необходимости или при очередных ТО и ремонте. Полная реализация ресурса ДВС возможна только при регулярном инструментальном контроле их технического состояния, при котором должна определяться степень загрязнённости основных механизмов и систем ДВС. При невыполнении этих требований ресурс ДВС уменьшается и он полностью не может быть реализован [96].

Несвоевременная и некачественная очистка от загрязнений дизельных ДВС приводит к повышенному износу его деталей и, как следствие, к снижению ресурса двигателя в целом. В качестве объекта изучения для определения ущерба от снижения ресурса в связи с несвоевременной и некачественной очисткой от загрязнений приняты новые дизельные двигатели Д-240 и Д-240Л.

Ущерб определяется по выражению [101]:

$$Y = (W_n - W_\phi) \cdot C, \quad (2.1)$$

где Y – ущерб от снижения ресурса дизеля, руб;

W_n – нормативный ресурс дизеля, ч., мото-ч;

W_ϕ – фактический ресурс дизеля, не подверженного регулярной мойке и очистке, ч., мото-ч;

C – средняя цена одной единицы ресурса дизеля, руб.

В таблице 2.9 приведены данные по обследованию объектов исследования.

Таблица 2.9 – Данные по обследованию дизелей

Наименование показателя	Показатель
1	2
1. Место проведения исследования (сбора информации)	ООО ПФ «Чебоксарсагро-промтехсервис»
2. Характеристика дизеля: – ед. измерения наработки – номинальная частота вращения коленчатого вала, мин. ⁻¹	мото-ч 2100

Продолжение таблицы 2.9

1	2
– ресурс работы дизеля, мото-ч – прибор замера ресурса	6000 счетчик мото-часов на ДВС
3. Промывка систем охлаждения и смазки дизелей в процессе ТО и ТР	Не проводилась
4. Регулярность замены картерного масла	Срок замены не соблюдался
5. Критерий определения срока замены масла	По цвету
6. Количество объектов исследования	82

В таблице 2.10 зафиксирован ресурс дизелей с начала эксплуатации до наступления ремонтного случая.

Таблица 2.10 – Ресурс объектов исследований с начала эксплуатации до наступления ремонтного случая, *в мото-ч*

№№ объектов	Ресурс						
1	3100	22	2501	43	5309	64	4900
2	4570	23	4130	44	4770	65	3450
3	5100	24	4420	45	3303	66	4340
4	4100	25	4610	46	4300	67	5330
5	4680	26	5710	47	4100	68	4210
6	4910	27	4330	48	4305	69	5210
7	4350	28	4450	49	4400	70	4490
8	4420	29	3460	50	3950	71	4400
9	3250	30	4390	51	4505	72	4120
10	4320	31	3390	52	4410	73	3420
11	5250	32	5405	53	4810	74	4920
12	5460	33	3405	54	2780	75	4150
13	3460	34	4405	55	4490	76	4340
14	4120	35	3206	56	5450	77	4770
15	4805	36	4207	57	2800	78	4330
16	4450	37	4720	58	3950	79	4680
17	4770	38	4910	59	4550	80	4420
18	4590	39	4305	60	5950	81	4250
19	4490	40	4400	61	3402	82	3750
20	4120	41	5600	62	3500		
21	3700	42	4320	63	4800		

Фактический ресурс поступивших на ремонт дизелей определяли по счетчику мото-часов, установленному на двигателе, и сведениям,

предоставленным собственниками ДВС, или по результатам их анкетирования (таблица 2.13). При этом учитывались сведения о наличии и состоянии уборочно-моечных участков, оснащенности их соответствующим технологическим оборудованием, соблюдением сроков и качеством выполнения ТО и ремонта машин.

Для оценки полученной совокупности по ресурсам дизелей использованы рекомендации, приведенные в [60, 96, 118, 312].

Конечной целью статистической обработки полученных данных является установление среднего значения совокупности \bar{x} (результаты, являющиеся независимыми факторами обозначим через x), показатели ее вариабельности (изменчивости) в виде дисперсии S^2 , среднеквадратического или, так называемого, стандартного отклонения, коэффициента вариации ϑ .

Далее подбираем закон распределения чисел с последующим графическим изображением ее в виде гистограммы, практического полигона и теоретической кривой распределения. Оценку правильности вычислений можно производить различными методами (по правилам Колмогорова, Романовского, по методу w^2 и др.). В данной работе для оценки правильности вычислений использованы правила Романовского.

Полученная совокупность относится к большой выборке ($n \gg 30$), где n – количество исследованных дизелей), поэтому упорядочение ряда проводим методом группировки членов по классам.

Данную совокупность разобьем на группы и вычислим размах ряда:

$$R = x_{max} - x_{min} = 5950 - 2501 \approx 3500 \text{ мото-ч.}$$

Тогда число групп, на которые разбивается ряд, определяется по формуле:

$$K = 1 + 3322 \lg n,$$

где K – число групп; $n = 82$ – совокупность.

$$K = 1 + 3322 \lg 82 \approx 7.$$

Ширина интервалов классов:

$$c = \frac{R}{K} = \frac{x_{max} - x_{min}}{K} = \frac{3500}{7} = 500 \text{ мото-ч.}$$

Левая граница первого класса:

$$x_{min \text{ лев}} = x_{min} - \frac{c \cdot K - R}{2} = 2500 - \frac{500 \cdot 7 - 3500}{2} = 2500 \text{ мото-ч.}$$

Сгруппированный вариационный ряд представлен в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Сгруппированные показатели ресурса двигателей Д-240 и Д-240Л с начала эксплуатации до наступления ремонтного случая

Ресурс, мото-ч (диапазон учета x_1)	Среднее значение ресурса, мото-ч (диапазона)	От количества обследованных ДВС, ед.
2500 – 3000	2750	2
3000 – 3500	3250	12
3500 – 4000	3750	20
4000 – 4500	4250	30
4500 – 5000	4750	15
5000 – 5500	5250	10
5500 – 6000	5750	3

Среднее значение ряда и среднеквадратическое отклонение (стандарт) вычисляли по способу сумм [16]. $A = 4250$ мото-ч. – среднее значение массива. Тогда среднее арифметическое ряда \bar{x} и дисперсия S вычисляются по выражениям:

$$\bar{x} = A - \frac{c \cdot S_1}{n};$$

$$S = c \sqrt{\frac{S_2 - \frac{S_1^2}{n}}{n-1}},$$

где $S_1 = \alpha_1 - \beta_1$; $S_2 = \alpha_1 + \beta_1 + 2\alpha_2 + 2\beta_2$.

Для вычисления условных сумм S_1 и S_2 сгруппированные частоты размещаем во вспомогательную таблицу 2.12.

Таблица 2.12 – Вспомогательная таблица для расчета сумм α_1 , β_1 , α_2 , β_2

Средние значения интервалов	Частоты	$\alpha_1 = 48$	$\alpha_2 = 16$
2750	2	2	2
3250	12	14	14
3750	20	32	–
4250	30	–	–
4750	15	28	–
5250	10	13	16
5750	3	3	3
		$\beta_1 = 36$	$\beta_2 = 19$

Тогда

$$S_1 = \alpha_1 - \beta_1 = 48 - 36 = 12;$$

$$S_2 = \alpha_1 + \beta_1 + 2\alpha_2 + 2\beta_2 = 48 + 36 + 2 \cdot 16 + 2 \cdot 19 = 154.$$

Или среднее значение ряда:

$$\bar{x} = A - \frac{c \cdot S_1}{n} = 4250 - \frac{500 \cdot 12}{82} = 4177 \text{ мото-ч};$$

$$S = c \sqrt{\frac{S_2 - \frac{S_1^2}{n}}{n-1}} = 500 \sqrt{\frac{154 - \frac{12^2}{82}}{82-1}} = 685 \text{ мото-ч}.$$

Коэффициент вариации ряда:

$$v = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\% = \frac{685}{4177} \cdot 100\% = 16,4\%;$$

$$v < 0,33.$$

Совокупность подчиняется закону нормального распределения, т.к. $v < 0,33$.

Ошибка средней арифметической:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{685}{\sqrt{82}} = 75,7 \text{ мото-ч}.$$

Доверительный интервал среднего значения при надежности $\gamma = 0,95$ (значимость $p = 0,05$) составит:

$$S_{\bar{x}} = \bar{x} \pm t \cdot S_{\bar{x}},$$

где t -критерий Стьюдента.

При $n = 82, v = n - 2 = 80$

$t = 2,02$ или

$$S_{\bar{x}} = \bar{x} \pm t \cdot S_{\bar{x}} = 4177 \pm 2,02 \cdot 75,7 = 4177 \pm 153 \text{ (4024...4330) мото-ч.}$$

Снижение ресурса (ΔW) в расчете на один дизель до его поступления в ремонт составит:

$$\Delta W = (W_n - W_3) = 6000 - (4024 \dots 4330) = 1976 \dots 1670 \text{ мото-ч.}$$

Как показывают полученные результаты, ресурс уменьшается примерно на 33% от нормативного значения (рисунок 2.1).

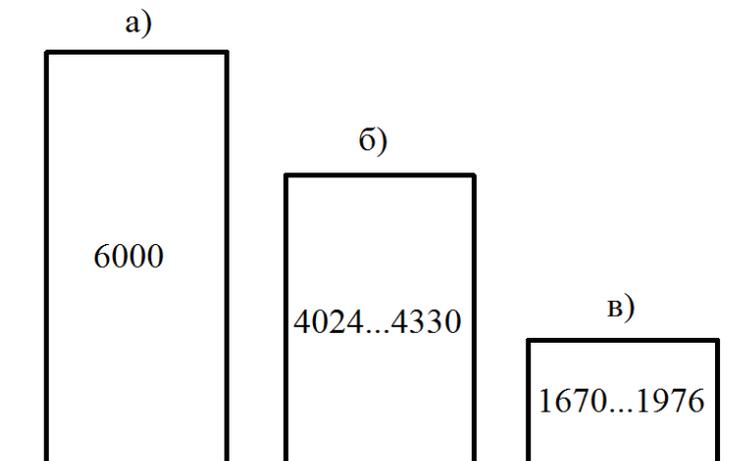


Рисунок 2.1 – Показатели ресурса дизеля Д-240, мото-ч: а) нормативный ресурс нового ДВС; б) фактический ресурс ДВС; в) снижение ресурса от влияния различных загрязнений

Ущерб от снижения ресурса каждого дизеля в среднем составит:

$$Y_{\text{ср}} = \frac{1}{3} C_{\text{кр}}, \quad (2.2)$$

где $C_{\text{кр}}$ – стоимость капитального ремонта дизельного ДВС, руб.

Проведено анкетирование 22 собственников по вопросам организации эксплуатации, ТО и ремонта машин с двигателями Д-240 и Д-240Л. Результаты анкетирования приведены в таблице 2.13.

Анализируя полученные результаты анкетирования, отметим, что

предприятия, эксплуатирующие машины с двигателями Д-240 и Д-240Л, слабо оснащены технологическим оборудованием для выполнения мойки и очистки мобильной техники.

Таблица 2.13 – Состояние организации эксплуатации и ТО мобильной техники с двигателями Д-240 и Д-240Л (по результатам анкетирования заказчиков)

Наименование показателя	Количество	% от общего количества
Квалификация механизаторов:		
– 1 класс;	4	18,3
– 2 класс;	6	27,2
– 3 класс	12	54,5
Наличие моечных участков:		
– на открытой площадке;	21	95
– в закрытых помещениях	1	5
Проведение регулярной очистки и мойки техники:		
– постоянно;	6	27,2
– по необходимости	16	72,8
Место межсменной стоянки машин		
– на открытой площадке;	20	90,1
– в закрытом помещении	2	8,9
На предприятии имеется		
– моечная установка для ДВС;	–	
– стенд для регулировки топливной аппаратуры;	4	
– для испытания гидросистемы	2	

По результатам эксперимента определяем коэффициент вариации (v), и по его значению выбираем тип закона распределения. Если $v \leq 0,33$, то случайная величина совокупности описывается законом нормального распределения.

Функция плотности частот описывается выражением:

$$m = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2s^2}}, \quad (2.3)$$

а уравнение теоретических (расчетных) частот вычисляют по выражению:

$$m_{\text{теор}} = \frac{n \cdot c}{S} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2s^2}}. \quad (2.4)$$

Рассчитаем условные суммы S_1 и S_2 , с помощью вспомогательной таблицы 2.14.

Таблица 2.14 – Вспомогательная таблица для расчета сумм α_1 , β_1 , α_2 , β_2

Средние значения интервалов	Частоты	$\alpha_1 = 50$	$\alpha_2 = 18$
2750	9	2	2
3250	12	14	16
3750	20	34	–
4250	30	–	–
4750	15	28	–
5250	13	13	16
5750	3	3	3
		$\beta_1 = 44$	$\beta_2 = 19$

Тогда:

$$S_1 = \alpha_1 - \beta_1 = 50 - 44 = 6;$$

$$S_2 = \alpha_1 + \beta_1 + 2\alpha_2 + 2\beta_2 = 50 + 44 + 36 + 38 = 168.$$

$$\bar{X} = A - \frac{c \cdot S_1}{n} = 4250 - \frac{500 \cdot 6}{82} = 4214 \text{ мото-ч.}$$

Вычислим стандартное отклонение S :

$$S = c \sqrt{\frac{S_2 - \frac{S_1^2}{n}}{n-1}} = 500 \sqrt{\frac{168 - \frac{36}{82}}{82-1}} = 717 \text{ мото-ч.}$$

Теоретические (расчетные) частоты по классам:

$$\begin{aligned} m_{\text{теор}} &= \frac{n \cdot c}{S} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2s^2}} = \frac{82 \cdot 500}{719} \cdot \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 3,14}} \cdot e^{-\frac{(x-4214)^2}{2 \cdot 719^2}} \\ &= 27,25 \cdot e^{-\frac{(x-4214)^2}{1033922}}. \end{aligned}$$

Для расчета теоретических частот распределения совокупности имеем:

$$n = 82; c = 500 \text{ мото-ч.}; \bar{x} = 4214 \text{ мото-ч.}; S = 719 \text{ мото-ч.}$$

Результаты расчетов $m_{\text{теор}}$ представлены в таблице 2.15.

Таблица 2.15 – Результаты расчетов $m_{\text{теор}}$

j	Средние значения интервалов	частоты		$\frac{m_{\text{фак.}} - m_{\text{теор}}}{m_{\text{фак.}}}$
		$m_{\text{фак.}}$	$m_{\text{теор}}$	
1	2750	2	2,63	0,5845
2	3250	12	9,95	0,3503
3	3750	20	27,25	2,1581
4	4250	30	27,02	0,2100
5	4750	15	20,25	1,8375
6	5250	10	8,56	0,3385
7	5750	3	2,12	0,5810
			92,2	$\chi^2 = 6,4899$

Правильность решения оценивается по правилу Романовского:

$$\frac{|1 - \chi^2|}{\sqrt{2 \cdot \nu}} \leq 3, \quad (2.5)$$

где $\nu = j - 3 = 7 - 3 = 4$ – число степеней свободы для нормального закона распределения; χ^2 – пси-квадрат распределения Пирсона.

В нашем случае имеем:

$$\frac{|1 - 6,4899|}{\sqrt{2 \cdot 4}} = 1,94 < 3.$$

Теоретическое распределение согласуется с экспериментальными данными.

Появление или не появление событий определяли по уравнению:

$$Q_{(x_i)} = 1 - P_{(x_i)}, \quad (2.6)$$

где $Q_{(x_i)}$ – непоявление событий в нарастающем итоге; $P_{(x_i)}$ – появление событий в нарастающем итоге.

Вероятность появления и не появления событий приведена в таблице 2.16.

Для наглядного изображения распределения показателя наработки до капитального ремонта двигателей построим гистограмму – закономерность распределения результатов измерения по классам вариационного ряда. Прямоугольники соответствуют классам, а их высоты – частотам

сгруппированного вариационного ряда. Если срединные значения гистограмм соединить между собой, то получается график дискретного варьирования, называемый полигоном распределения случайных величин (рисунок 2.2).

Таблица 2.16 – Вероятность появления и не появления событий

Классы	$m_{\text{фак.}}$	$m_{\text{теор}}$	$P_{\text{факт}}$	$P_{\text{теор}}$	$Q_{\text{факт}}$	$Q_{\text{теор}}$
1	2	2,63	0,02	0,03	0,98	0,97
2	12	9,95	0,15	0,13	0,85	0,87
3	20	27,25	0,37	0,41	0,63	0,59
4	30	27,02	0,70	0,68	0,30	0,32
5	15	20,25	0,86	0,87	0,14	0,13
6	10	8,12	0,96	0,97	0,04	0,03
7	3	2,25	1,00	1,00	0,00	0,00

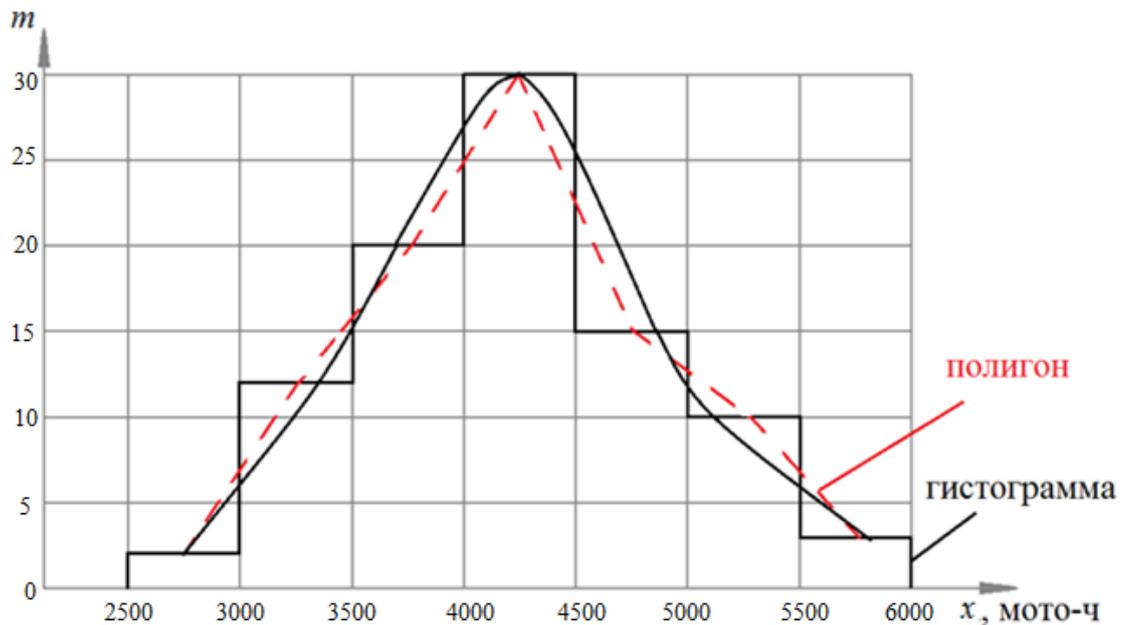


Рисунок 2.2 – Гистограмма, полигон и график нормального распределения случайных величин от наработки обследованных дизелей

При распределении эмпирических совокупностей бросается в глаза одна и та же особенность – преимущественное накопление дат (частот) в центральных участках и постепенное убывание их по мере удаления от срединной точки вариационного ряда. Эта особенность составляет одну из характеристик вариационного ряда. На рисунке 2.3 приведена зависимость появления $P(x)$ и не появления $Q(x)$ событий от ресурса обследованных дизелей.

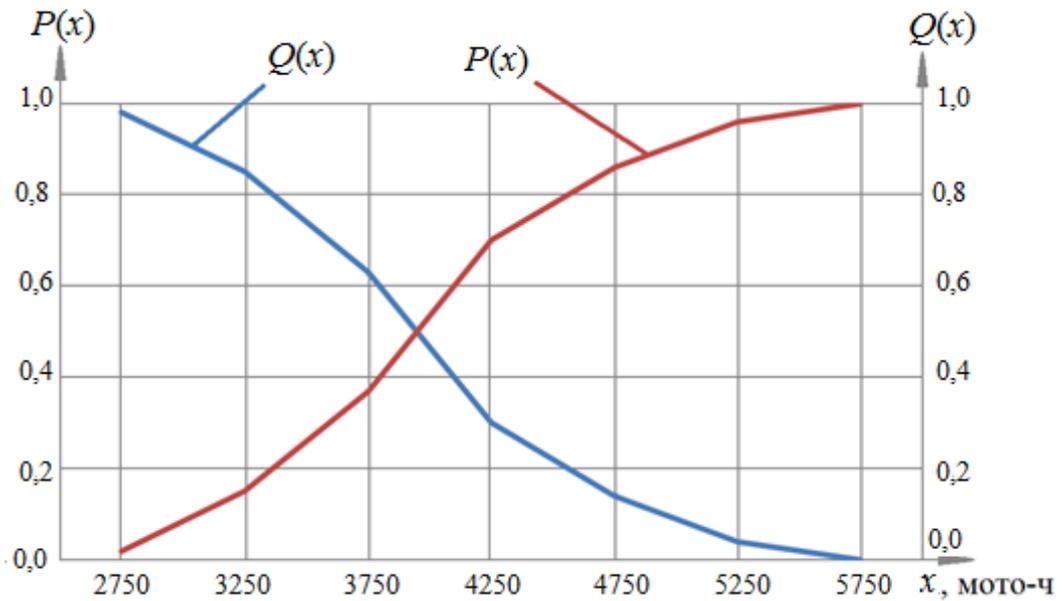


Рисунок 2.3 – График появления $P(x)$ и не появления $Q(x)$ событий от ресурса обследованных дизелей

2.2 Теоретическое обоснование совершенствования технологического процесса мойки для повышения ресурса мобильной сельскохозяйственной техники при ее ремонте

Как отмечено в подглаве 1.1, почти 75% деталей, которые выбраковываются при проведении первого капитального ремонта агрегатов мобильной техники, являются ремонтпригодными или могут использоваться без какого-либо восстановления, поэтому технологии их восстановления должны основываться на способах, позволяющих увеличить ресурс восстановленных деталей [35, 71, 96].

Ресурс, который напрямую зависит от коррозионной стойкости деталей, узлов и агрегатов мобильной техники, закладывается при конструировании, обеспечивается при производстве и поддерживается на стадии эксплуатации [121]. Даже при условии полного соблюдения всех технических норм и требований по проектированию, изготовлению и эксплуатации в процессе эксплуатации мобильная техника через некоторое время начинает плохо выполнять свои функции и отказывает. Основным, порой невидимым врагом ресурса мобильной техники является коррозия. Потери от коррозии значительны, кроме потерь

металла вследствие коррозии снижается и ресурс любой мобильной техники. Коррозионные потери металла составляют примерно 10% от объема выплавляемого металла [266]. По причине коррозии разрушаются металлические конструкции, снижается качество выполняемых конструкциями функций, увеличивается количество и тяжесть аварий и несчастных случаев по причине ухудшения надежности узлов и агрегатов мобильной техники [59]. Прямые убытки от коррозии сравниваются с инвестициями государства в определенные отрасли страны, а косвенные убытки трудно поддаются подсчетам и во много раз превалируют прямые убытки. Кроме перечисленных убытков можно выделить и другие вредные последствия от коррозии: дорожно-транспортные происшествия, аварии на производстве, ухудшение экологической ситуации, истощение природных ресурсов, ухудшение плодородия почв и т.п., которые трудно поддаются экономической оценке. На коррозию мобильной техники впервые серьезно обратили внимание в 1950-х годах, т.к. именно к этому времени в конструкции легковых автомобилей появились кузова с несущей конструкцией, которые имеют множество полых неventилируемых элементов и более податливы коррозии [83]. А также окружающая среда загрязнилась настолько, что начала агрессивно воздействовать на мобильную технику [256]. В связи с этим проблема защиты мобильной техники от коррозии приобретает особую актуальность.

В 1978 году в СССР из-за высоких убытков от коррозии утверждено постановление «Об организации антикоррозионной службы в стране». В нем были определены мероприятия, способствующие повышению надежности металлических материалов.

С целью поддержания эксплуатационной надежности мобильной техники и металлических конструкций Госстандарт разработал и ввел в действие руководящий документ «РД 50-417-83 Руководящий нормативный документ. Положение. Антикоррозионная служба Госстандарта».

По причине многообразия и сложности форм и видов коррозионных процессов исследователям трудно научно обосновать, прогнозировать коррозию, следовательно, выработать тактику и стратегию борьбы с ней.

В то же время коррозионные процессы в основном исследуются экспериментальными методами [202, 206, 232]. Процессу экспериментальных исследований характерны:

- частичная случайность полученных результатов;
- необходимость разработки предварительно стендов, конструкций для испытания усталостной прочности материалов;
- отсутствие предварительной информации (до получения результатов экспериментов) о соответствии разрабатываемого многокомпонентного раствора;
- ограниченность и порой нереальность учета влияния всех возможных параметров исследуемого объекта;
- отсутствие методики установления связи коэффициентов, получаемых по результатам экспериментальных исследований уравнений регрессии, и перехода от них к технологическим параметрам или к качественным показателям оптимизируемых технологических процессов ремонта транспортных средств, агрегатов и их отдельных операций.

Коррозионные процессы классифицируются по четырем классификационным признакам: механизму взаимодействия материала со средой, по характеру среды, условиям протекания коррозии и по виду коррозионного разрушения (см. глава 1).

Для химической коррозии термодинамическим показателем служит химический потенциал металла [5, 133]:

$$\mu = \mu_0 + RT \ln(c_k / c_0) \cdot f_k \quad (2.7).$$

где μ_0 – стандартный химический потенциал;

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

T – термодинамическая температура, К;

c_0 – начальная концентрация катионов металла, моль/л;

c_k – конечная концентрация катионов металла, моль/л;

f_k – коэффициент активности частиц.

Термодинамическим показателем для электрохимической коррозии служат электродные потенциалы металлов, которые определяются по уравнению Нернста [5]:

$$E_{Me} = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln a_{Me^{+n}} \quad (2.8),$$

где E_0 – стандартный электродный потенциал металла, В;

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

T – термодинамическая температура, К;

n – число электронов, участвующих в процессе;

F – постоянная Фарадея, 96500 Кл;

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

Термодинамический показатель выражает способность металлов подвергаться коррозии. Скорость коррозии определяется по разным изменениям в металлах в процессе коррозии с течением времени (механическим, электрическим, оптическим, структурным и др.).

Коррозионные исследования проводят методами, которые можно подразделить на три группы [111, 112]:

- лабораторные;
- внелабораторные;
- эксплуатационные.

Методы исследования и оценки коррозии бывают качественными и количественными [76]. Качественные методы включают исследования:

- по внешнему виду (окраска);
- по появлению продуктов коррозии, мути;
- с использованием микроскопа;
- с использованием оптических приборов;
- с применением индикаторов на катодных и анодных участках.

Количественные измерения коррозии проводят [76]:

- гравиметрическим (весовым);
- объемным;

- электрическим;
- электрохимическим;
- магнитометрическим;
- манометрическим и другими методами.

По изменению механических свойств изделия оценку коррозии проводят измерением изменения предела прочности и относительного удлинения.

При гравиметрическом (весовом) методе определяют убыль массы изделия [76]:

$$K = \frac{M_1 - M_2}{S \cdot t}, \left[\frac{\text{г}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}} \right] \quad (2.9),$$

где M_1 – масса первоначальная;

M_2 – масса после испытания;

S – площадь исследуемой поверхности;

t – продолжительность испытания.

В дальнейшем нами зависимость (2.9) была уточнена и преобразована с учетом линейных размеров испытуемых образцов и переводных коэффициентов в следующий вид:

$$K = \frac{M_1 - M_2}{2[ab + (a+b)c] - \frac{\pi d^2}{2} + \pi dc} \times \frac{10000 \times 8760}{T} \quad (2.10),$$

где M_1 – масса в исходном состоянии, г;

M_2 – масса после коррозии, г;

a, b, c – ширина, длина и толщина исследуемого образца соответственно, мм;

T – время испытания, год;

$\pi = 3,14\dots$ – математическая постоянная величина.

1000 – коэффициент, используемый для перевода кг в г;

8760 – коэффициент, используемый для перевода час в год.

Электрохимические методы исследования с применением потенциостата более подробно рассмотрены в 4-й и 5-й главах.

Очевидно, что сохраняемость и противокоррозионные свойства обеспечиваются за счет защитной пленки, созданной искусственным путем,

используя ингибиторы коррозии в составе многокомпонентного моющего раствора [201]. Следует отметить, что пленка появляется не только искусственным путем за счет ингибиторов коррозии, но и за счет продуктов коррозии.

При контактировании поверхности металлов с атмосферным воздухом образуется тонкая пленка (слой окислов). При наличии у нее высокой сплошности, хорошей адгезии и примерно одинаковый с металлом коэффициента теплового расширения эта пленка будет обладать определенными защитными свойствами. Пленка должна быть устойчивой к воздействию агрессивной среды [197].

По толщине защитные пленки подразделяются на следующие группы [200]:

- тонкие (< 40 нм);
- средней толщины (40-500 нм);
- и толстые (> 500 нм).

Сплошность является одним из показателей качественной оценки пленки и определяется сравнением объема окисла ($V_{ок}$) и объема металла (V_{Me}): при ($V_{ок} < V_{Me}$) – пленка несплошная, при ($V_{ок} > V_{Me}$) – пленка сплошная.

Объем металла (V_{Me}) и объем окисла ($V_{ок}$) можно определить по формулам [200]:

$$V_{Me} = \frac{A}{d}, \quad V_{ок} = \frac{M_{ок}}{nD_{ок}}, \quad (2.13),$$

где A – атомный вес металла;

d – плотность металла;

$M_{ок}$ – молекулярная масса окисла;

n – число атомов металла в молекуле окисла;

$D_{ок}$ – плотность окисла.

Тогда, при $\frac{V_{ок}}{V_{Me}} = \frac{Md}{nDA} < 1$ пленка несплошная; при $\frac{V_{ок}}{V_{Me}} = \frac{Md}{nDA} > 1$ пленка сплошная.

Возможны следующие виды разрушения пленок:

- пузыри без разрыва;
- пузыри с разрывом;
- микропузыри;
- отслаивание;
- растрескивание.

Скорость образования пленок определяется скоростью взаимного проникновения через пленку агрессивной среды к металлу и обратно [310]:

1) для металлов, с соотношением $\frac{V_{ок}}{V_{Ме}} < 1$, скорость роста пленки постоянна.

$$K = \frac{dy}{d\tau} - const, \quad y = K\tau + const \text{ (линейный закон).}$$

2) по параболическому закону для сплошных, не рыхлых пленок:

$$y^2 = 2K\tau + const.$$

3) по логарифмическому закону с сильным затуханием коррозии:

$$y = \ln(K\tau).$$

В зависимости от среды протекания процесса коррозия бывает газовой, жидкостной, подземной и т.п. [87]. В автомобиле газовая коррозия имеет место в камере сгорания и системе выпуска отработавших газов. Скорость газовой коррозии зависит от температуры. При повышении температуры, особенно свыше 600°C, чугуны и углеродистые стали окисляются с образованием продуктов коррозии (окалины). Самому распространенному разрушению из-за окалины подвергается система выпуска отработавших газов автомобиля и камера сгорания. Окалина состоит из нескольких фаз и имеет непростое строение. В присутствии углекислого газа, водяного пара и других агрессивных сред углеродистые стали окисляются особенно интенсивно. При температурах свыше 700°C параллельно с окислением углеродистые стали обезуглероживаются [138].

Рассмотренный процесс обезуглероживания приводит к значительному снижению ресурса и сохраняемости мобильной техники, что объясняется снижением механической прочности деталей, в особенности снижением

предела прочности [164]. Это явление необходимо учитывать при изучении работы деталей, которые подвергаются воздействию различных по знаку нагрузок.

Ресурс мобильной техники не остается постоянным в течение всего срока службы. По мере изнашивания деталей, накопления в них необратимых процессов (усталостных явлений, износа, коррозии) увеличивается вероятность появления неисправностей и отказов [113]. Новая мобильная техника всегда имеют больший ресурс по сравнению с мобильной техникой, которая имеет значительную наработку или прошла капитальный ремонт.

Основная задача рациональной технической эксплуатации мобильной техники заключается прежде всего в том, чтобы обеспечить как можно больший ресурс мобильной техники и ее агрегатов после ремонта и в процессе эксплуатации [114].

Одной из причин нарушения работоспособности мобильной техники может быть некачественная мойка, низкая коррозионная стойкость деталей, узлов и агрегатов из-за применения моющих растворов с низкой моющей и ингибиторной способностью. Известно, что только за счет неудовлетворительной очистки деталей ресурс отремонтированных агрегатов мобильной техники уменьшается на 20-40%, производительность труда – до 8% [95, 246].

Факторы, повышающие ресурс мобильной техники представлены на рисунке 2.4.

Функциональную зависимость ресурса (W) от факторов, влияющих на него, можно записать в виде выражения (2.14).

$$W = f(K_{MC}; K_{ИС}; K_{ОЧ}; K_{ДЕФ}; K_{СТ}; K_{РР}; K_{ТОР}), \quad (2.14)$$

где K_{MC} – коэффициент влияния моющего средства на ресурс, учитывает моющую способность многокомпонентного технологического раствора;

$K_{ИС}$ – коэффициент влияния ингибиторных свойств моющего средства, в общем случае повышает ресурс и сохраняемость, учитывает ингибиторный эффект разработанного в работе технологического раствора;



Рисунок 2.4 – Факторы, повышающие ресурс мобильной техники

$K_{ОЧ}$ – коэффициент, учитывающий качество мойки поверхности деталей, напрямую влияет на качество дефектовочных работ, что в результате повышает ресурс отремонтированных агрегатов;

$K_{ДЕФ}$ – коэффициент, учитывающий качество дефектовки. Влияет на качество выполнения ТО и ремонта, в конечном итоге повышает ресурс отремонтированных агрегатов;

$K_{СТ}$ – коэффициент, учитывающий коррозионную стойкость вымытых поверхностей;

$K_{РР}$ – коэффициент, учитывающий ресурс отдельных деталей. В общем случае определение затруднено, так как из-за поломки (выхода из строя) одной детали автомобиль может потерять работоспособность.

$K_{ТОР}$ – коэффициент, учитывающий качество ТО и ремонта, что напрямую влияет на ресурс отремонтированных агрегатов и машины в целом.

В виде схемы функциональная зависимость ресурса (W) от качества ТО и ремонта и факторов, влияющих на него, показана на рисунке 2.5.

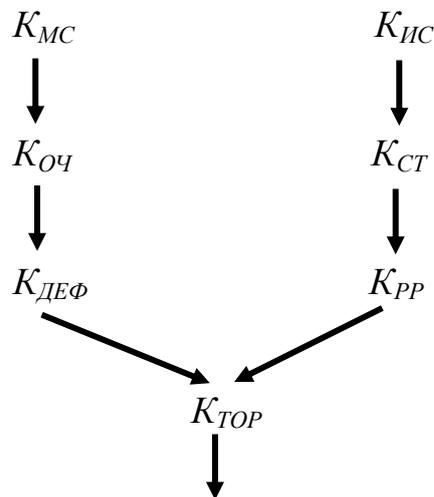


Рисунок 2.5 – Функциональная зависимость ресурса (W) от качества ТО и ремонта и факторов, влияющих на него

Для аргументированного выбора многокомпонентных растворов для мойки агрегатов, узлов и деталей мобильной техники в технологических процессах ремонта следует провести скрупулезную работу по систематизации и

классификации имеющихся и разрабатываемых многокомпонентных моющих растворов.

Повышение эффективности и совершенствование технологических процессов ремонта за счет использования более эффективных моющих растворов при мойке отдельных деталей, узлов и агрегатов способствует росту надежности мобильной техники. Например, мойка агрегатов, узлов и деталей в процессе ремонта 3%-ми водными растворами СМС с добавкой МБК концентрацией 5 г/л увеличивает ресурс агрегатов, узлов и деталей более чем на 20%. Такое явление объясняется повышением коррозионной стойкости обмываемых деталей в связи с формированием на их поверхности защитной пленки [92, 149, 150] и повышением степени очистки поверхностей деталей, что обеспечивает высокое качество ремонтных работ.

2.3 Механизм моющего действия растворов при мойке загрязненных поверхностей деталей в технологическом процессе ремонта машин

Технологический процесс мойки преследуют следующие цели [250]:

- поддержание требуемой чистоты внутри кузова и кабины мобильной техники;
- удаление загрязнений кузова, кабины, агрегатов и узлов мобильной техники, в том числе и для повышения санитарно-гигиенических условий при проведении ТО и ТР и других работ;
- защита ЛКП от воздействия агрессивной внешней среды;
- поддержание эстетического внешнего вида мобильной техники;
- обеспечения качества контрольно-дефектовочных, диагностических и регулировочных работ;
- повышения коррозионной стойкости поверхности очищенных деталей (при мойке деталей с использованием вновь разработанного состава)

Под технологическим процессом понимается совокупность воздействий, оказываемых в определенной последовательности и планомерно во времени и пространстве на конкретный объект. Объектами воздействия технологических

процессов ТО и ремонта являются соединением или материал, деталь, узел, система, агрегат, мобильная техника, определены содержание, последовательность, место, трудоемкость и результат проводимых воздействий, требования к квалификации персонала, оборудованию и условиям труда [123].

Совокупность технологических процессов представляет собой производственный процесс предприятия [123]. Совершенствование технологических процессов обеспечивает в конкретных условиях производства определение наилучшей последовательности работ, что обеспечивает повышение сохранности деталей, производительности труда, оптимального выбора технологического оборудования, инструмента и средств диагностики.

Разработка технологических процессов ТО и ремонта определяется многими факторами: условиями эксплуатации мобильной техники, ее конструкцией, организационно-производственными, квалификационными, техническими, экологическими и другими требованиями, которые позволяют обеспечить качественное и безопасное проведение работ, а также рациональные материальные и трудовые затраты при выполнении этих работ.

В качестве исходных данных при разработке технологических процессов ТО и ремонта транспортных средств используют:

- производственную программу (суточную или годовую), от значения которой зависит уровень механизации выполняемой операции;
- объект воздействия (деталь, узел, агрегат, мобильная техника);
- вид ТО и ремонта;
- сборочный чертеж объекта воздействия, где должна содержаться вся необходимая информация для проектирования технологического процесса;
- перечень деталей и узлов, из которых состоит разбираемое изделие, их размеры;
- данные об используемом инструменте и оборудовании;
- данные о свойствах надежности деталей, возможных восстановительных ремонтах;

– массу изделия или мобильной техники для выбора подъемно-транспортных средств.

Наиболее известными документами, регламентирующими систему и нормативы ТО и ремонта для транспортных средств, являются Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта, утвержденное Министерством автомобильного транспорта РСФСР в 1984 году [182], Положение о техническом обслуживании и ремонте автотранспортных средств, принадлежащих гражданам (легковые и грузовые автомобили, автобусы, мини-трактора) РД 37.009.026-92 [194], введенное в действие 1 января 1993 года, отраслевые нормативы технологического проектирования (ОНТП) автотранспортных предприятий [165], заводские инструкции по эксплуатации и сервисные книжки для индивидуальных автомобилей, технологические карты ТО и ремонта агрегатов и узлов мобильной техники [137].

Технологический процесс ремонта машины начинается с разборочно-очистных работ, а завершается сборкой. Технологический процесс сборки заключается в соединении деталей в узлы. Из узлов и отдельных деталей собирают агрегаты, а из агрегатов и узлов – мобильную технику. От качества их выполнения зависит качество отремонтированной машины, ее ресурс.

Качество отремонтированной мобильной техники должно удовлетворять требованиям технических условий на сдачу в капитальный ремонт и выдачу из капитального ремонта мобильной техники, ее агрегатов и узлов [119]. На каждую выпускаемую из капитального ремонта мобильную технику ремонтное предприятие выдает заказчику паспорт этой мобильной техники, в котором фиксирует комплектность, техническое состояние и соответствие отремонтированной мобильной техники техническим условиям на его капитальный ремонт. Технические условия определяют гарантированную исправную работу объекта ремонта в течение установленного времени и до определенной наработки за этот период [312].

Качество – это соответствие показателей продукции требованиям

потребителя. Естественно, что мнение заказчика ремонтных услуг должно быть определяющим при оценке качества ремонта мобильной техники. Оценка качества отремонтированной мобильной техники может производиться сравнением показателей ее качества с базовыми показателями, которыми могут быть соответствующие показатели новой мобильной техники той же модели или мобильной техники, отремонтированной на передовом специализированном заводе. Такая оценка позволяет судить об уровне качества изделия (мобильной техники, агрегата, узла), под которым понимается характеристика качества изделия, основанная на сравнении совокупности показателей их качества с соответствующей совокупностью базовых показателей.

Одним из технологических факторов, влияющих на ресурс мобильной сельскохозяйственной техники, является совершенствование и повышение эффективности технологического процесса мойки деталей при ремонте узлов и агрегатов, которое возможно за счет использования вновь разработанных, более эффективных моющих растворов. В качестве такого раствора в работе предлагается 3%-й водный раствор МС-8 с добавкой МБК концентрацией 5 г/л, которая увеличивает ресурс отдельных деталей, отремонтированных узлов и агрегатов более, чем на 20%. Это можно объяснить повышением коррозионной стойкости очищаемых деталей в связи с формированием на их поверхности защитной пленки и степени очистки поверхностей деталей [27, 28, 29, 30, 144], что обеспечивает высокое качество дефектовочных работ.

В настоящей работе для улучшения моющих и противокоррозионных свойств СМС для мойки агрегатов, узлов и деталей в технологических процессах ремонта двигателей мобильной техники применяются такие кислородные соединения бора, как монобораты щелочных металлов лития, натрия и калия [124, 331], эффективность которых позволяет сократить продолжительность мойки до 5 мин., т.е. в 3,4 раза в сравнении с раствором СМС без добавки боратов, и по степени опасности относятся к 4-му классу,

вместо ранее применяемых хроматов, относящихся по степени опасности ко 2-му классу (таблицы 2.17 и 2.18).

Таблица 2.17 – ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны [44]

Наименование вредного вещества	ПДК, мг/м ³	Агрегатное состояние	Класс опасности	Особенности действия на организм
Бораты	10,0	Аэрозоль	IV	Фиброгенного действия
Хроматы	2,0	Аэрозоль	II	Вызывают аллергические заболевания в производственных условиях

Таблица 2.18 – ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест [44], в мг/м³

Наименование загрязняющего вещества	Разовая максимальная	Среднесуточная	Класс опасности
Бораты	0,03	0,01	IV
Хроматы	–	0,0015	II

Используя данные таблиц 2.17 и 2.18, определим показатель относительной опасности аэрозолей МБК и хромата натрия в воздухе:

$$\alpha_{\text{бората}} = \sqrt{\frac{60}{\text{ПДК}_{\text{с.с.}} \cdot \text{ПДК}_{\text{р.з.}}}} = \sqrt{\frac{60}{0,01 \cdot 10,0}} = 24,5; \quad (2.15)$$

$$\alpha_{\text{хромата}} = \sqrt{\frac{60}{\text{ПДК}_{\text{с.с.}} \cdot \text{ПДК}_{\text{р.з.}}}} = \sqrt{\frac{60}{0,0015 \cdot 2,0}} = 141,4. \quad (2.16)$$

Для оценки безопасности используемых добавок в составе растворов СМС введем коэффициент экологичности, который будет представлять отношение разности показателей относительной опасности аэрозолей бората и хромата в воздухе к показателю относительной опасности аэрозолей хромата в воздухе:

$$K_{\text{экол.}} = \frac{\alpha_{\text{хромата}} - \alpha_{\text{бората}}}{\alpha_{\text{хромата}}} = \frac{141,4 - 24,5}{141,4} = 0,83. \quad (2.17)$$

Анализ формулы (2.17) позволяет сделать вывод, что значение коэффициента экологичности находится в пределах от 0 до 1,0. Чем выше его значение, тем выше экологичность используемой добавки в сравнении с ранее применяемой добавкой.

Технологический процесс отмывания загрязнений представляет собой комплекс параллельно-последовательных физико-химических и физико-механических процессов, в основе которых лежат явления смачивания, адсорбции, диспергирования, в том числе эмульгирования, стабилизации и коагуляции дисперсий, чаще всего гетеро-коагуляции, пептизации, адгезии, набухания, растворения, солюбилизации, пенообразования и включает в себя несколько этапов [196].

Комплекс происходящих физико-химических и физико-механических процессов определяется природой субстрата (очищаемой поверхности), загрязнения (жидкость, твердое тело, растворимые в данной среде или нет), среды, в которой проводится очистка (воздух, вода, неполярная жидкость, смесь жидкостей – эмульсия), моющих средств (ПАВ, активирующие добавки, щелочи, кислоты и т.д.), способом и интенсивностью механического воздействия (перемешивание, пульсация, вибрация, ультразвук и т.д.) [136, 140].

Смачивание (вытеснение жидкой фазой другой фазы из твердого или жидкого тела) – первая фаза любого процесса отмывания загрязнений. При смачивании моющее средство контактирует с обмываемой поверхностью. Чем этот контакт лучше, тем при прочих равных условиях сильнее моющее действие. И, наоборот, когда нет смачивания, то не наблюдается и моющего действия.

Смачиваемость является одним из показателей физико-химических свойств моющих составов. Мерой смачивания обычно служит краевой угол θ , который образуется между касательной, проведенной из точки контакта трех поверхностей (твердой – t , жидкой – $ж$ и газообразной – $г$) к поверхности жидкости, и проекцией этой касательной на поверхность твердого тела (рисунок 2.6) [86, 98].

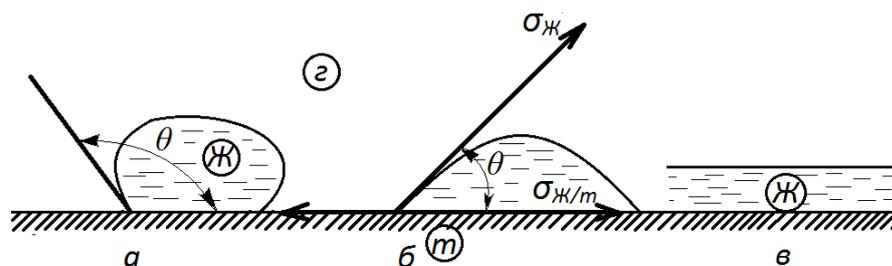


Рисунок 2.6 – Типичные краевые углы смачивания твердой поверхности:

$a - 90^\circ < \theta < 180^\circ$ – смачиваемость ничтожно малая; $b - 0^\circ < \theta < 90^\circ$ –

смачиваемость удовлетворительная; $c - \theta = 0$ – полная смачиваемость

Краевой угол смачивания определяет относительное притяжение жидкости к твердому телу (адгезия) и к самой себе (когезия). В этом и заключается его физический смысл.

Если краевой угол θ тупой (рисунок 2.6, a), в этом случае адгезия меньше когезии, то твердое тело не смачивается жидкостью. Если краевой угол θ острый (рисунок 2.6, b), в этом случае адгезия больше когезии, то твердое тело смачивается жидкостью. Загрязненные поверхности можно мыть лишь при второй и третьей разновидностях смачивания (рисунок 2.6, b и c) [86, 98].

Твердые поверхности, смачиваемые водой, называются гидрофильными. Поверхности, по которым вода не растекается и образует с ними тупой угол θ , называются гидрофобными.

В начале смачивания частицы грязи намокают, увеличиваются в объеме и начинают разрушаться. При полном смачивании растекаются равномерным слоем по поверхности изделия (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 – Схема смачивания частиц загрязнения на горизонтальной поверхности

Такое загрязнение легко удаляется струей воды или механическим способом. Это относится к гидрофильным загрязнениям (частицы пыли, почвенные загрязнения). Однако полного смачивания быть не может, т.к. между твердым телом и жидкостью всегда существует некоторая адгезия.

Загрязнения в своем составе содержат и гидрофобные частицы, которые не смачиваются водой (частицы нагара, масел, смол, песка и т.п.). Для смачивания таких частиц и последующего их удаления моющая жидкость в своем составе должна содержать ПАВ и специальные добавки. Степень очистки загрязненных поверхностей деталей, узлов и агрегатов повышается за счет использования многокомпонентных моющих растворов и специальных добавок в их составе с высокими смачивающими свойствами, которые оцениваются краевым углом смачивания θ капель раствора загрязненной поверхности металла.

Нами было исследовано влияние концентраций СМС и добавки на угол смачивания многокомпонентного моющего раствора, результаты которого приведены в Приложении В (таблица В.1) и рисунке 2.8.

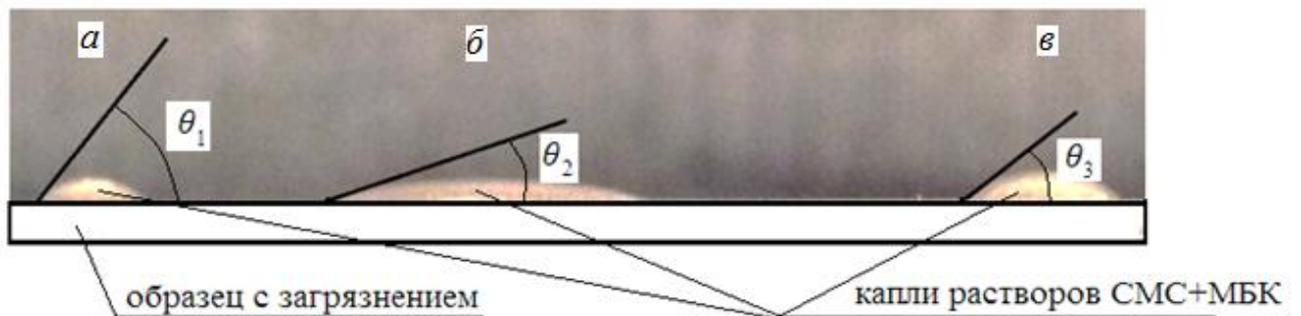


Рисунок 2.8 – Определение угла смачивания капель раствора СМС с добавкой МБК загрязненной поверхности образца: *a* – МЛ-51; *b* – МС-8; *v* – Лабомид-203

В качестве СМС были использованы Лабомид-203, МС-8 и МЛ-51, а в качестве специальной добавки – МБК, загрязнение поверхности образцов – искусственное (смесь картерной смазки и отложений в роторе центрифуги системы смазки дизелей в соотношении по массе 2:1).

Для изучения связи между θ (углом смачивания) и концентрациями МБК (X_1), Лабомида-203 (X_2), МС-8 (X_3) и МЛ-51 (X_4) воспользуемся нелинейным множественно-регрессионным анализом [7], который позволяет:

- построение нелинейной модели с большим числом факторов;
- определение и сравнение степени влияния различных факторов в отдельности на моделируемый показатель;
- выделение непосредственного влияния факторов на результативный признак и косвенного влияния фактора (через другие факторы) на результат;
- выявление существенности влияния отдельного фактора (или группы факторов) на результативный признак на фоне других факторов и др.

Наиболее подходящей в данном случае является мультипликативная функция (типа Кобба-Дугласа), которая имеет вид:

$$\theta = A \cdot X_1^\alpha \cdot X_i^\beta, \quad (2.18)$$

где θ – угол смачивания, град.;

X_1 – концентрация МБК, г/л;

X_i – концентрации СМС, % (X_2 – Лабомида-203, X_3 – МС-8, X_4 – МЛ-51);

A, α, β – неизвестные параметры.

Функция однородна со степенью однородности $p = \alpha + \beta$:

$$f(tK, tL) = t^p \cdot f(K, L)$$

При $p = \alpha + \beta = 1$ имеем линейную однородность, т.е. постоянную эффективность при увеличении среднего значения факторов.

Если $p > 1$, то с увеличением среднего значения факторов в t раз угол смачивания меняется в t^p раз, т.е. имеется рост эффективности.

При $p < 1$ наблюдается падение эффективности.

Эластичности α и β показывают процентное изменение угла смачивания, вызванное изменением концентрации соответствующего СМС на один процент при неизменных значениях концентрации другого СМС.

В общем случае эластичности зависят от X_i , но для функции Кобба-Дугласа они постоянны и равны α и β соответственно:

$$E_{X_1} = \frac{\partial}{\partial \ln X_1} (\ln A + \alpha \cdot \ln X_1 + \beta \cdot \ln X_2) = \alpha, \quad (2.19)$$

$$E_{X_2} = \frac{\partial}{\partial \ln X_2} (\ln A + \alpha \cdot \ln X_1 + \beta \cdot \ln X_2) = \beta. \quad (2.20)$$

$$\text{То есть} \quad E = E_{X_1} + E_{X_2} = \alpha + \beta. \quad (2.21)$$

Функция Кобба-Дугласа может быть оценена с помощью нелинейной регрессии. Для ее оценки с помощью модели множественной линейной регрессии необходимо прологарифмировать левую и правую части. По рядам данных рассчитываются ряды их логарифмов, и для них оценивается уравнение линейной регрессии [26].

Проанализируем данные таблицы В.1 с помощью *MS Excel*.

Коэффициент корреляции между смачиваемостью и углом смачивания равен 0,97, что подтверждает очень сильную связь между ними (таблица 4.3). Значит, достаточно рассматривать только один из этих показателей, в качестве которого выбираем угол смачивания.

Используем функцию *ЛИНЕЙН*, которая рассчитывает статистику для ряда с применением метода наименьших квадратов и наилучшим образом аппроксимирует имеющиеся данные (для моделей, являющихся линеаризуемыми по неизвестным параметрам).

Функция *ЛИНЕЙН* выдает следующую регрессионную статистику:

	A	B	C	D	E	F
1	m_n	m_{n-1}	...	m_2	m_1	b
2	se_n	se_{n-1}	...	se_2	se_1	se_b
3	r^2	se_y				
4	F	df				
5	ssreg	ssresid				

где se_1, se_2, \dots, se_n – стандартные значения ошибок для коэффициентов m_1, m_2, \dots, m_n ; se_b – стандартное значение ошибки для постоянной b ;

r^2 – коэффициент детерминации (показывает, насколько хорошо уравнение, полученное с помощью регрессионного анализа, объясняет взаимосвязи между переменными);

se_y – стандартная ошибка для оценки y ;

F – наблюдаемое значение F -статистики;

d_f – степени свободы (используются для нахождения F -критических значений в статистической таблице);

SS_{reg} – регрессионная сумма квадратов отклонений;

SS_{resid} – остаточная сумма квадратов отклонений.

По таблице В.1 (Приложение В) зависимости угла смачивания моющих растворов от концентраций для каждой комбинации СМС и МБК функция *ЛИНЕЙН* выдала регрессионную статистику, приведенную в таблице 2.19.

Таблица 2.19 – Результаты работы функции *ЛИНЕЙН*

МБК+Лабомид-203			МБК+МС-8			МБК+МЛ-51		
-0,3722533	-0,1681	4,251836	-0,49342	-0,28602	4,171347	-0,33504	-0,14296	4,309929
0,03477157	0,026299	0,039039	0,046037	0,03482	0,051688	0,029822	0,022556	0,033483
0,91200696	0,066917		0,923992	0,088597		0,917302	0,057392	
77,7340099	15		91,17415	15		83,19193	15	
0,69616902	0,067168		1,431343	0,117742		0,548051	0,049408	

Виды зависимости угла смачивания от концентраций СМС и МБК показаны на рисунках 2.9 – 2.12.

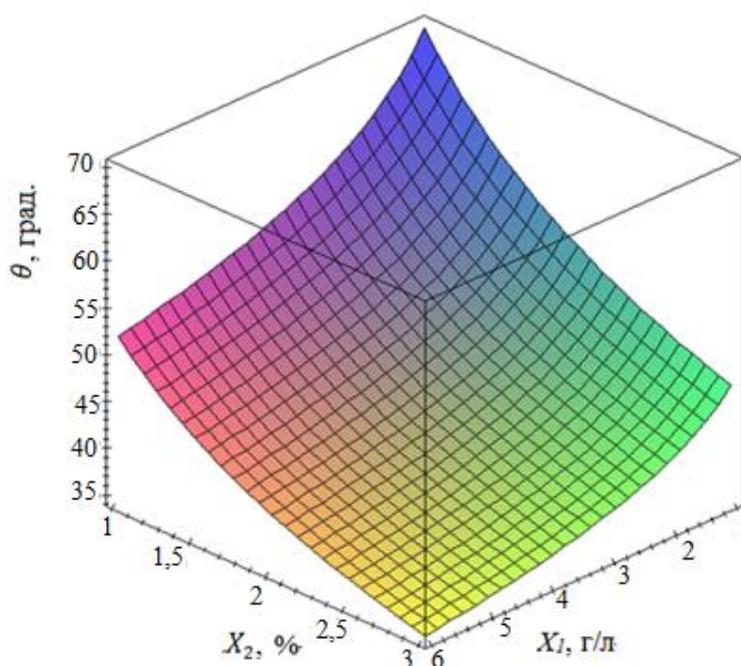


Рисунок 2.9 – Вид зависимости угла смачивания от концентраций Лабомид-203 и МБК

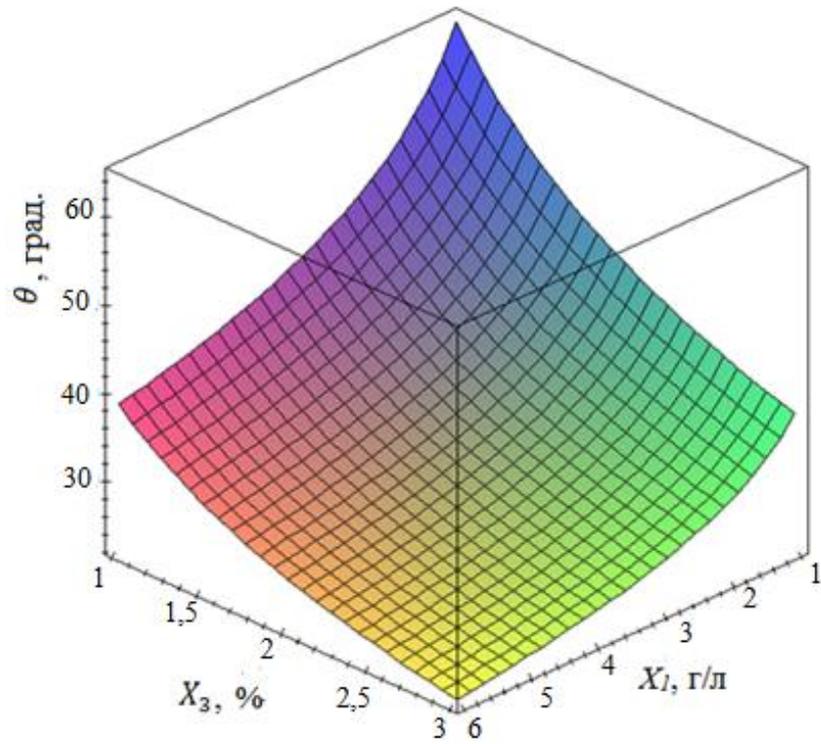


Рисунок 2.10 – Вид зависимости угла смачивания от концентраций
МС-8 и МБК

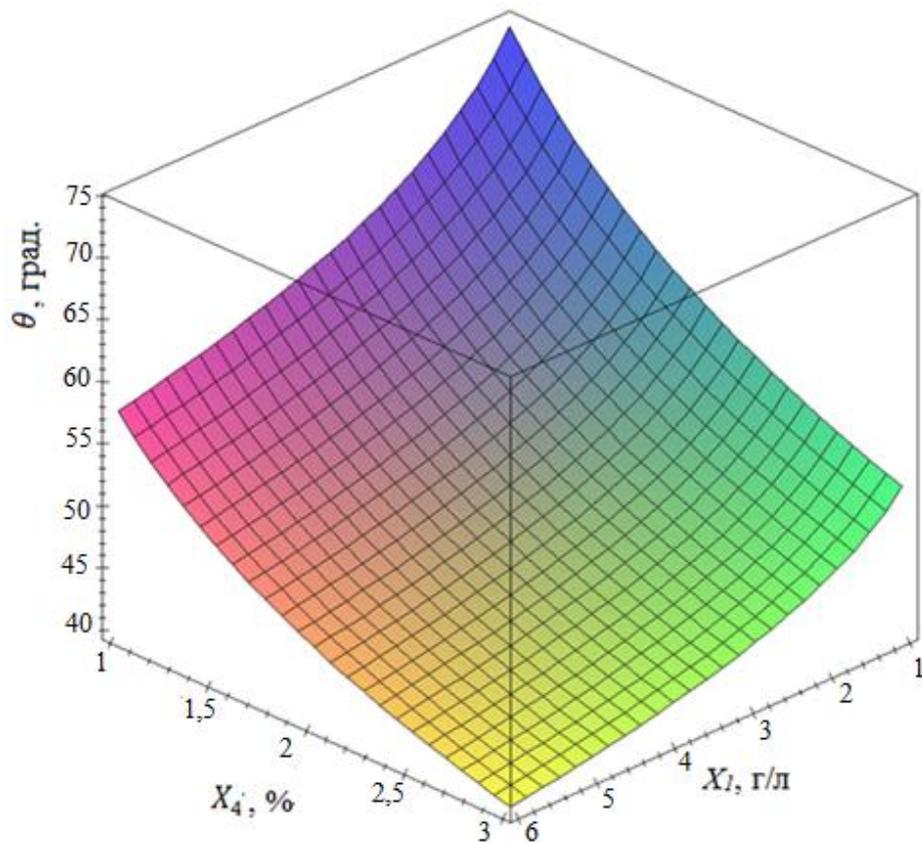


Рисунок 2.11 – Вид зависимости угла смачивания от концентраций
МЛ-51 и МБК

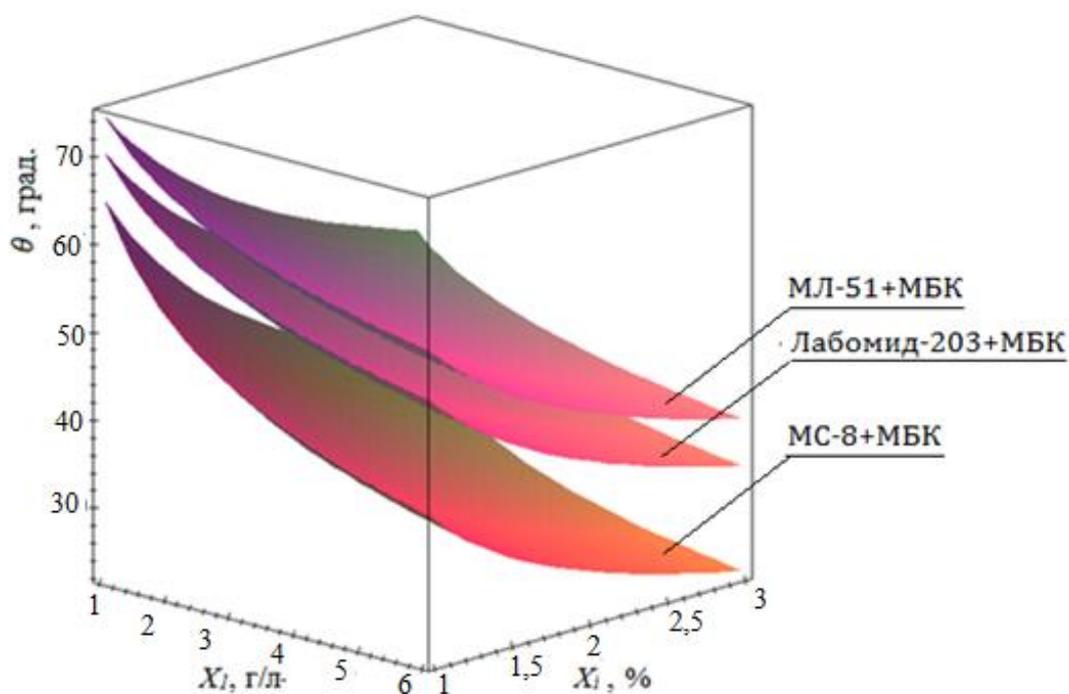


Рисунок 2.12 – Сводный график зависимости угла смачивания от концентраций СМС и МБК

Рассмотрим подробнее результаты статистической обработки.

С коэффициентом детерминации $R^2 = 0,91$ определена зависимость $\theta = 70,23428 X_1^{-0,1681} \cdot X_2^{-0,372253}$. Это означает, что увеличение X_1 на 1% приведет к уменьшению угла смачивания на 0,1681%, а увеличение X_2 на 1% – к уменьшению угла смачивания на 0,37225%, т.е. увеличение концентрации Лабомида-203 (X_2) оказывается более выгодным, Так как

$$|-0,3722533 - 0,1681| = 0,54035 < 1,$$

то функция показывает убывающую отдачу от увеличения концентрации.

Аналогично с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,92$ определена зависимость $\theta = 64,8027 X_1^{-0,28602} \cdot X_3^{-0,49342}$. Это означает, что увеличение X_1 на 1% приведет к уменьшению угла смачивания на 0,28602%, а увеличение X_3 на 1% – к уменьшению угла смачивания на 0,4934%, т.е. увеличение концентрации МС-8 (X_3) оказывается более выгодным. Так как

$$|-0,49342 - 0,28602| = 0,77944 < 1,$$

то функция показывает убывающую отдачу от увеличения концентрации.

С коэффициентом детерминации $R^2 = 0,92$ определена зависимость $\theta = 74,4352 X_1^{-0,14296} \cdot X_4^{-0,33504}$. Это означает, что увеличение X_1 на 1% приведет к уменьшению угла смачивания на 0,14296%, а увеличение X_4 на 1% – к уменьшению угла смачивания на 0,33504%, т.е. увеличение концентрации МЛ-51 (X_4) оказывается более выгодными. Так как

$$|-0,33504 - 0,14296| = 0,478 < 1,$$

то функция показывает убывающую отдачу от увеличения концентрации.

Проведенная статистическая обработка показывает убывающую отдачу на уменьшение угла смачивания от увеличения концентрации добавок, это значит, что их концентрации или «уже давно», или «еще не» перешли ту границу, когда они давали возрастающую отдачу от увеличения концентрации.

Также видно, что МБК оказывает наиболее эффективное влияние на угол смачивания в паре с МС-8 (наибольшее уменьшение угла смачивания из всех рассмотренных добавок – 0,28602%) и, как следствие, наибольшее совместное влияние на угол смачивания из рассмотренных комбинаций составов моющих растворов (0,77944%).

Молекулы ПАВ способны ориентироваться в воде: полярная «головка» (гидрофильная часть) направлена в воду, а «хвостовая» углеводородная группа (гидрофобная часть) обращена к воздуху (рисунок 2.13).

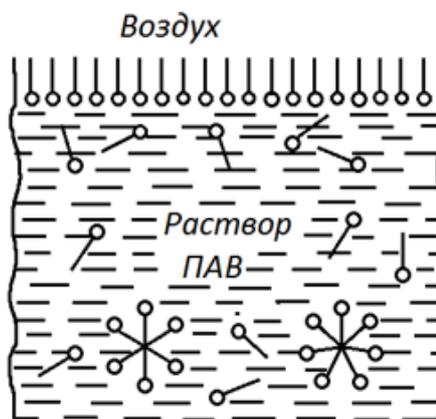


Рисунок 2.13 – Ориентация (скопление) молекул ПАВ на границе фаз:
раствор ПАВ – воздух

Объясняется это тем, что гидрофильная часть молекулы проявляет сродство к воде и растворяется в ней, а гидрофобная группа вытесняется из воды. В связи с этим молекулы ПАВ концентрируются на поверхности раствора, то есть на границе раздела фаз, и их концентрация здесь в тысячи раз превышает их объемную концентрацию в растворе [127, 196].

Рассмотренная ориентация молекул ПАВ называется адсорбцией.

Адсорбция – это самопроизвольный процесс концентрации (скопления) одного из компонентов гетерогенной системы у поверхности раздела фаз. Так как этот процесс самопроизвольный, то ему сопутствует уменьшение свободной энергии.

Вещество, способное концентрировать другое вещество на своей поверхности, называется адсорбентом. Вещество, скопляющееся у поверхности адсорбента (адсорбируемое вещество), называется адсорбтивом.

Следовательно, в СМС очищающую роль в основном выполняют ПАВ, а их противокоррозионные свойства обеспечиваются ингибиторами коррозии.

Эмульгирование – это процесс образования эмульсии, т.е. переход загрязнений в раствор, образуя эмульсии, при механическом воздействии. Эмульсия – это смесь двух нерастворимых друг в друге жидкостей, из которых одна распределена в другой в виде мелких капель. Скорость эмульгирования зависит от величины межфазного натяжения: чем она меньше, тем быстрее образуется эмульсия. Однако устойчивость эмульсии определяется только прочностью и эластичностью защитных оболочек из ПАВ.

Твердые загрязнения отмываются значительно труднее, чем масляные. Растворы ПАВ, эмульгируя скрепляющие твердые частицы масляных загрязнений, переводят эти частицы в раствор, где под действием ПАВ, проникающих в трещины, они диспергируются (измельчаются) и удерживаются в растворе.

Процессы эмульгирования и диспергирования обратимые, поэтому раствор ПАВ должен удерживать капли эмульсии и твердые частицы от повторного оседания на твердую поверхность.

Схема действия раствора ПАВ на загрязнение показана на рисунке 2.14.

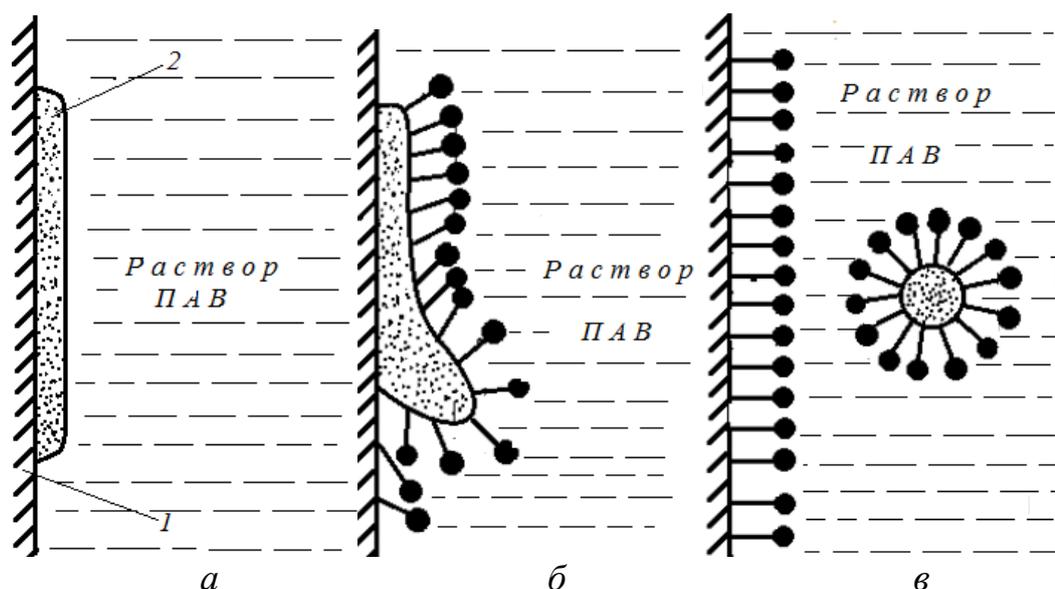


Рисунок 2.14 – Схема действия раствора ПАВ на масляное загрязнение:
 1 – поверхность детали; 2 – слой загрязнения; а – начальное состояние;
 б – увеличение поверхности масла и образование капелек;
 в – эмульгированная капля масла

ПАВ характеризуются двойственностью свойств, связанной с асимметрией их молекулы. Способность ПАВ к адсорбции сопровождается ориентацией на поверхности водного раствора в результате уменьшения свободной энергии системы. С этими свойствами связана способность ПАВ понижать поверхностное и межфазное натяжение растворов, обеспечивать эффективное эмульгирование, смачивание, диспергирование, пенообразование, и поэтому они называются эмульгаторами.

После эмульгирования ПАВ располагаются на поверхности раздела фаз, образуя адсорбционный слой, препятствующий слиянию капель. ПАВ, адсорбируясь на поверхности раздела фаз (жидкость – газ; жидкость – жидкость; жидкость – твердое вещество) уменьшают поверхностную энергию (поверхностное натяжение) на соответствующих поверхностях (между загрязнением и поверхностью очищаемого изделия), что хорошо иллюстрирует рисунок 2.14.

Вещество, препятствующее слиянию капель, называется стабилизатором. Часто в роли стабилизатора выступают эмульгаторы.

Схема капель эмульсии со стабилизирующим слоем ПАВ приведена на рисунке 2.15.

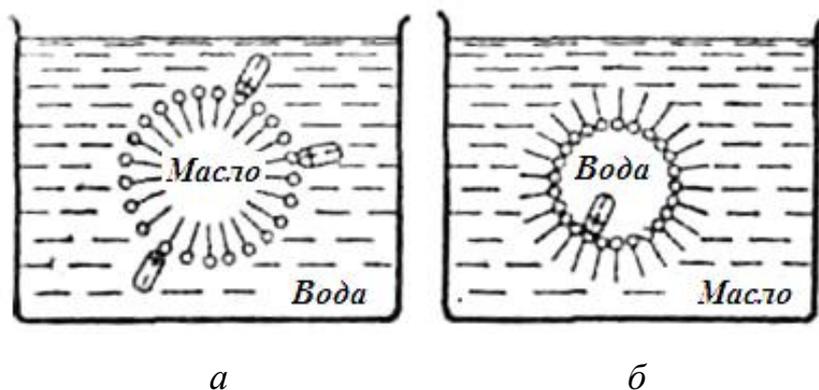


Рисунок 2.15 – Схема стабилизации эмульсий: *а* – прямая; *б* – обратная

Солюбилизация (коллоидное растворение) – это самопроизвольный переход в раствор нерастворимых или малорастворимых веществ под действием ПАВ, представляет собой одно из проявлений взаимодействия компонентов в моющих системах и СМС. Солюбилизация – физико-химическое свойство растворов ПАВ удерживать значительное количество чужеродных частиц, в особенности неполярных и малополярных веществ, как бы растворяя их. Она имеет важное значение при создании композиций жидких СМС, повышая температурную устойчивость растворов смесей ионных и неионогенных ПАВ при нагревании и охлаждении. Солюбилизация загрязнений наряду с их эмульгированием определяет механизм моющего действия [86].

Пептизация – это процесс повышения дисперсности (раздробленности) твердых веществ. В результате пептизации твердых загрязнений образуются суспензии – взвеси нерастворимых в моющем растворе твердых частиц. Особенно опасны суспензии, образованные частицами менее 1 мк, т.к. они не оседают в течение более одного года, в то время как частицы того же материала размерами 1 мк могут оседать за сутки. Пептизация – разъединение частиц загрязнений или рыхлых осадков под влиянием пептизаторов после коагуляции коллоидных растворов. В результате пептизации осадок переходит во

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

Ряд технологических процессов сопровождается пенообразованием. При растворении СМС в воде происходит реакция гидролиза. В результате образуется обильная пена, которая и втягивает в себя (сортирует) частицы грязи, содержащиеся в воде и на очищаемом объекте. Ее количество регулируется ПАВом, поскольку и недостаток, и переизбыток пены в равной степени ухудшают качество очищения поверхности. Для разрушения пены (пенопогашения) или предупреждения ее формирования применяют противопенные вещества (пеногасители). Эффективными пеногасителями являются ПАВ, которые вытесняют пенообразователи с поверхности жидкости. Сами они не способны обеспечить стабилизацию пены. К ним относятся эфиры, различные спирты, алкиламины.

Пены – это дисперсные системы, состоящие из сравнительно крупных пузырьков газа, разделенных тонкими жидкими прослойками, которые в виде пленок образуют непрерывную фазу – дисперсионную среду.

Пена образуется в растворе ПАВ при попадании воздуха во время его перемешивания, при этом на поверхности воздушных пузырьков адсорбируются молекулы ПАВ. Они располагаются так же, как на поверхности жидкого раствора: гидрофобными концами к воздуху, гидрофильными – к воде. Пузырьки воздуха оказываются заключенными в пленку, внутренняя сторона которой является гидрофобной, а наружная – гидрофильной.

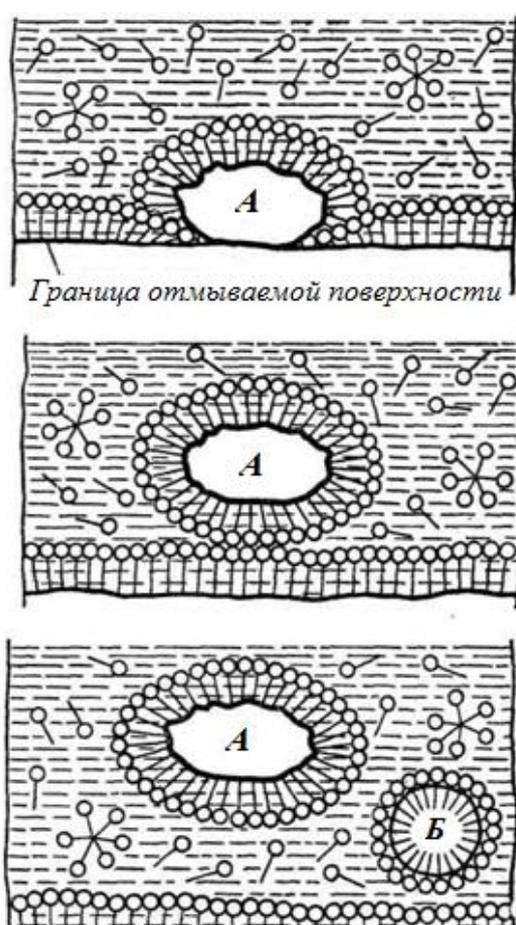
Гидратированные пузырьки воздуха, обладая малой плотностью, стремятся всплыть на поверхность раствора. Подходя к границе фаз раствор – воздух, они подпирают уже имеющуюся на поверхности адсорбционную пленку и надевают ее на себя гидрофобными концами молекул наружу. Таким образом, на гидратированных пузырьках воздуха образуется двустенная оболочка, внешние стороны которой гидрофобны, то есть устойчивы в воздухе. Такие пузырьки, расположенные один над другим, образуют пену. Значение

пенообразования в моющем действии оценивается по-разному.

Чтобы частицы грязи снова не осели на металле, в СМС вводятся полимеры, способные предотвращать резорбцию.

В завершение процесса молекулы моющего средства адсорбируются на загрязнениях и чистой поверхности, что препятствует укрупнению, частицы загрязнения стабилизируются в растворе и удаляются вместе с ним.

В общем виде процесс мойки при удалении частиц грязи можно разделить на три стадии (рисунок 2.16) [326].



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

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

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

Рисунок 2.16 – Стадии моющего процесса при удалении частиц грязи

ПАВ, как известно, являются основой СМС. Поскольку в молекуле этого вещества содержатся гидрофильные и гидрофобные группы, они всегда располагаются на границе раздела фаз, значительно снижая энергию поверхности раздела. Моющая способность ПАВ объясняется именно с этим его свойством. В связи с этим основные явления процесса мойки (смачивание,

образование эмульсий, диспергирующая способность, защитное действие, пенообразование, удерживание загрязнений в растворе), зависят от строения и физико-химических свойств ПАВ.

В соответствии с рекомендациями Международной комиссии по терминологии Международного комитета по ПАВ понятию «поверхностно-активное вещество» дается следующее определение: «Вещество, способное из раствора (истинного или коллоидного) в жидкой среде адсорбироваться на поверхности раздела фаз [жидкость – газ (пар), жидкость – жидкость, жидкость – твердое тело] с соответствующим понижением свободной энергии (поверхностного натяжения) на этой поверхности».

Чтобы понять механизм адсорбции, необходимо кратко рассмотреть строение ПАВ. Молекулы ПАВ обладают сравнительно длинной углеводородной частью (цепочечного или циклического строения) и активной группой.

Различают ионогенные и неионогенные ПАВ (рисунок 2.17) [317].



Рисунок 2.17 – Классификация ПАВ со схематическим изображением их молекул: *a* – анионактивные; *б* – катионактивные; *в* – неионогенные

Ионогенные ПАВ в воде диссоциируют и по характеру образующихся ионов делятся на два основных класса [196]. Если углеводородная часть молекулы входит в состав аниона, то соединение относят к анионактивным ПАВ (рисунок 2.17, *a*).

Соответственно катионактивные ПАВ (рисунок 2.17, б) образуют в водных растворах катионы, содержащие углеводородные радикалы.

Молекулы неионогенных ПАВ содержат неионизирующиеся полярные группы, в состав которых входят атомы кислорода, азота и серы [152]. По представлениям одних авторов неионогенные ПАВ ведут себя подобно анионактивным ПАВ, другие считают, что такие соединения имеют катионактивный характер.

Можно предположить, что различные молекулы неионогенных ПАВ проявляют свою активность или по тому, или по другому варианту. Это предположение условно показано на рисунке 2.17, в. В действительности все обстоит гораздо сложнее, т.к. поверхностная активность неионогенных ПАВ обеспечивается большим числом неионогенизирующихся гидрофильных групп.

Основным оценочным показателем моющего средства является степень очистки поверхности от загрязнений и его противокоррозионные свойства, которые оцениваются гравиметрическим (весовым) методом.

Водные растворы СМС технического назначения Лабомида-203, МС-8 и МЛ-51, составы которых приведены в [304], допускают мойку деталей, изготовленных из черных и из цветных металлов без заметной коррозии.

Синтанол ДС-10, входящий в состав указанных СМС, является ПАВом, обладает малой пенообразующей способностью, относится к группе противонакипинов [161].

Основными элементами (ПАВ), повышающими активность указанных СМС из числа входящих в них компонентов являются щелочные компоненты (кальцинированная сода – Na_2CO_3 , метасиликат натрия и триполифосфат натрия).

Карбонат натрия – Na_2CO_3 представляет собой белые кристаллы, имеет низкую растворимость в воде.

Зависимость растворимости кальцинированной соды в воде от ее температуры приведена в таблице 2.20.

Таблица 2.20 – Растворимость кальцинированной соды в воде в зависимости от ее температуры

Температура, °С	0	20	40	60	80	100
Растворимость на 100 г/л	7,0	21,8	48,8	46,4	45,1	44,7

Сода не является эффективным моющим реагентом, но при концентрациях в пределах 5-7 г/л в растворе способна создавать значительный щелочной резерв, что благоприятно влияет на моющий процесс. Влияние концентрации карбонатов натрия на реакцию раствора приведена в таблице 2.21.

Таблица 2.21 – Влияние концентрации карбонатов натрия на реакцию раствора

Концентрация (нормальность), г/л	0,08	0,12	0,16	0,20	0,32	0,4	0,44
рН	11,3	11,4	11,45	11,5	11,5	11,5	11,5

Загрязнение на поверхности металла условно можно разделить на три слоя (рисунок 2.18):

- *a* – наружный слой, включающий пыль и другие легко отделимые примеси;
- *b* – средний слой, более плотный, требующий применения специальных устройств для удаления;
- *v* – внутренний слой, самый плотный, для удаления которых требуется применение СМС и разных добавок к ним.

Наружный слой в основном состоит из легких частиц, которые могут легко отделяться от наружного слоя под воздействием струи сжатого воздуха или воды.

Средний слой подвержен постоянному воздействию атмосферы, вредных газов и влажного воздуха и может частично смываться под напором струи воды.

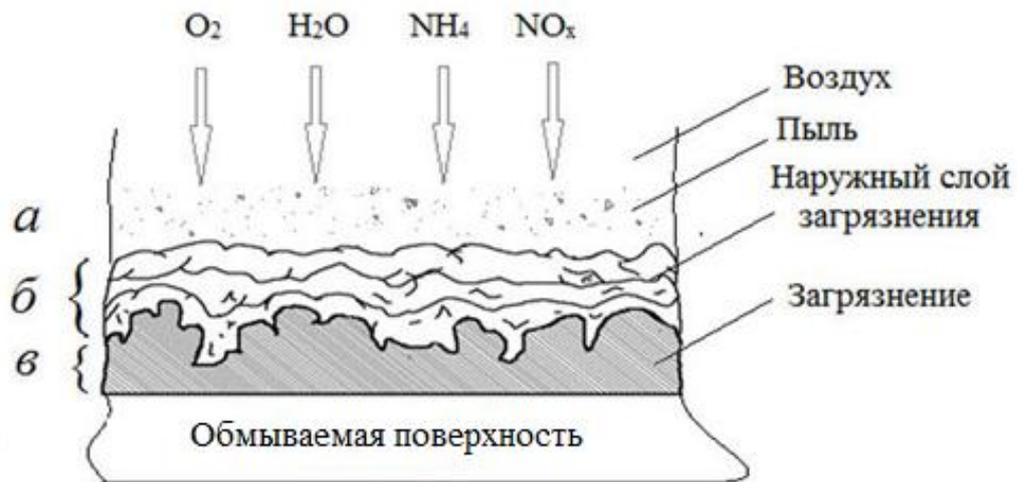


Рисунок 2.18 – Общий вид загрязнения на поверхности изделия

Внутренний слой и обмываемая поверхность имеют сильную адгезионную связь, в связи с чем для полного удаления внутреннего слоя загрязнения часто проводят выварку в моечных ваннах или мойку в моечных камерах.

Механизм струйной мойки объясняется тем, что струя, воздействуя на слой загрязнений, разрушает его адгезионные связи с очищаемой поверхностью за счет нормальных и касательных напряжений, которые возникают при ударе струи жидкости о поверхность очищаемой детали.

Загрязнения будут удалены при превышении ударного импульса струи значения когезионно-адгезионных связей загрязнений с очищаемой поверхностью: прочность на сжатие, изгиб, сдвиг, сила адгезии и др.

Силу удара струи для удаления загрязнения при водоструйной мойке можно определить по формуле [108]:

$$P = m_o \cdot v_o \cdot (1 - \cos \alpha) = \rho \cdot \omega_o \cdot v_o^2 \cdot (1 - \cos \alpha), \quad (2.22)$$

где P – сила удара струи, Н;

m_o – масса жидкости за секунду, кг/с;

ω_o – живое сечение набегающей струи, м²;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

v_o – скорость истечения воды из сопла, м/с;

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

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

$$v_o = \varphi \cdot \sqrt{2gH}, \quad (2.23)$$

где $\varphi = 0,475 - 0,98$ – коэффициент скорости, зависящий от типа насадки и формы отверстия;

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

H – напор воды, м.

Из этой формулы с учетом формулы расхода воды через свободное сечение насадки d :

$$Q = \frac{\pi d^2 v_o}{4 \cdot 1000}; \quad (2.24)$$

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

Условия отрыва частицы загрязнения от поверхности изделия можно определить по рисунку 2.19 и схеме сил, действующих на частицу загрязнения, которая показана на рисунке 2.20.

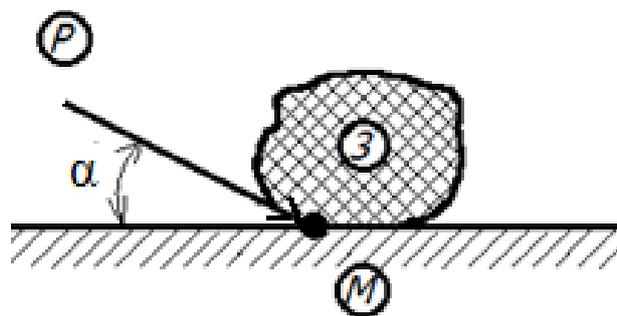


Рисунок 2.19 – Схема действия струи моющей жидкости на загрязнение в месте контакта с поверхностью металла: P – струя моющей жидкости;

$З$ – загрязнение; $М$ – металл (поверхность изделия)

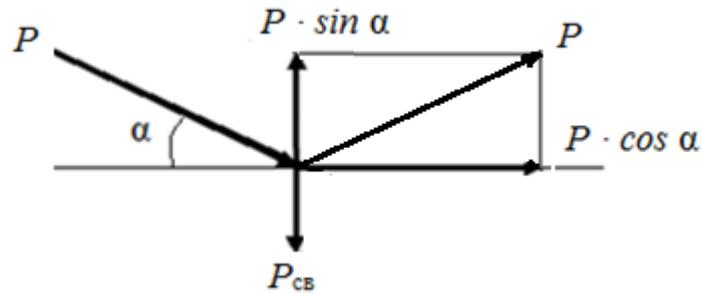


Рисунок 2.20 – Схема сил, действующих на частицу загрязнения на поверхности изделия, от воздействия струи жидкости

Отрыв частицы загрязнения от поверхности произойдет при условии:

$$P \cdot \sin \alpha \gg P_{\text{св}} \quad (2.25)$$

Сила связи частиц загрязнения с поверхностью изделий во многом зависит от их физического и химического состава и оценивается показателем смачиваемости.

Струйная мойка основана на преобразовании статистического напора жидкости в динамическую. Условием отрыва частиц загрязнения от поверхности является превышение динамических воздействий напора моющей жидкости над когезионно-адгезионными свойствами загрязнений.

При этом факторами отрыва частиц загрязнения от поверхности являются:

- скорость струи жидкости (при скорости 50-100 м/с происходит практически мгновенное удаление грязи);
- температура моющей жидкости (использование горячей воды увеличивает интенсивность и качество мойки в 1,5 раза);
- химическая активность моющего раствора;
- профиль насадки;
- угол растекания струи.

Сущность процесса мойки заключается в удалении с поверхностей детали твердых и жидких загрязнений и переносе их в виде растворов или дисперсий в моющий раствор [130].

На стационарных моечных установках модели 196 М с

электроподогревом в качестве моющего раствора в основном используют раствор каустической соды (едкого натра), моющее действие которого основано на струйном воздействии на загрязнения поверхности агрегатов, узлов и деталей.

Применяют следующие способы ускорения процессов мойки: повышение температуры, давления, активации моющей жидкости и др.

Работу мойки можно выразить формулой [235, 271]:

$$A_o = A_{фх} + A_m \quad (2.26)$$

где $A_{фх}$ – работа, совершаемая моющей средой вследствие физико-химической активности, зависит от концентрации и температуры моющей среды, а также от эффективности СМС и специальных добавок в растворы;

A_m – работа на разрушение адгезионно-когезионных связей загрязнения, вследствие механического воздействия моющей среды на загрязнение, зависит от механической активации процесса мойки (струи, вибрации, ультразвуковых колебаний и т. д.).

Чем выше физико-химическая активность моющей среды, т. е. больше $A_{фх}$, тем меньше требуется затрачивать механическую энергию; чем физико-химически пассивнее моющая среда, т. е. меньше $A_{фх}$, тем больше потребуется затратить механическую энергию (A_m) для получения одинакового результата мойки. Оптимальные величины $A_{фх}$ и A_m моечного процесса выбирают, основываясь на технологические и экономические соображения.

На рисунке 2.21 приведена схема воздействия каустической соды на частицу жирово-смолистых (масляно-грязевых) загрязнений на вертикальной поверхности деталей. Продукты взаимодействия каустической соды с жирово-смолистыми соединениями выпадают в осадок [167]. Процесс мойки необходимо осуществлять при температуре моющего раствора 85-90°C.

Степень очистки поверхностей часто оценивается визуально, но для количественной оценки можно воспользоваться гравиметрическим (весовым) методом с использованием формулы:

$$C_{\text{оч.}} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\%, \quad (2.27)$$

где M_1 – масса загрязнения на испытуемых образцах, г;

M_2 – масса оставшегося загрязнения на очищаемых образцах, г.

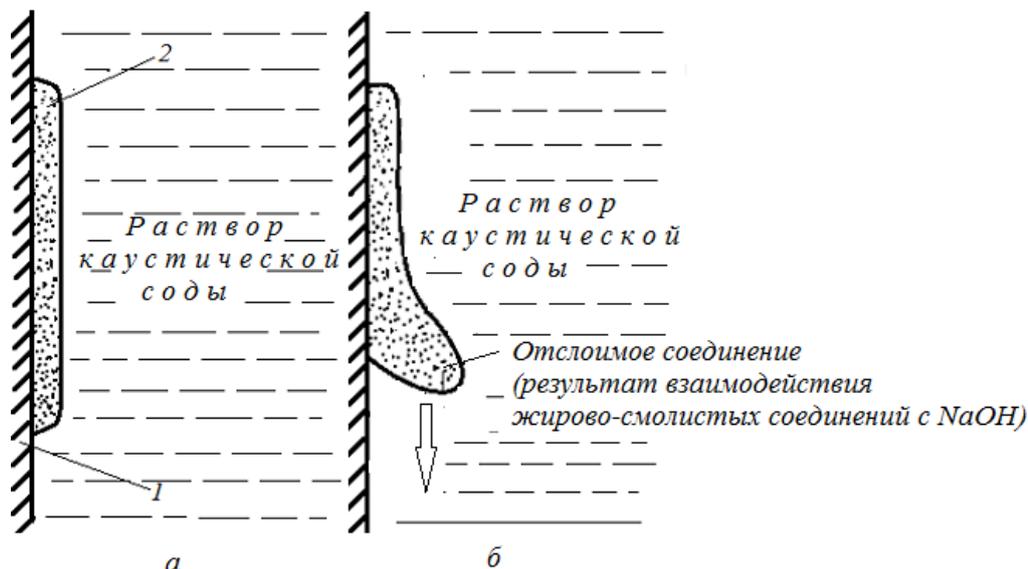


Рисунок 2.21 – Схема удаления жирowo-смолистых (масляно-грязевых) соединений на вертикальной поверхности деталей в растворе каустической соды: 1 – поверхность детали; 2 – жирowo-смолистое (масляно-грязевое) соединение

Одновременно необходимо определить второй немаловажный показатель моющего средства – способность повышать коррозионную стойкость очищаемой поверхности за счет формирования на ней защитной пленки без дополнительной обработки различными составами, например, защитной водно-восковой дисперсией (ЗВД), ингибированным водно-восковым составом (ИВВС), противокоррозионные свойства которых были исследованы Г.В. Григорьевым [58], В.Н. Дашковым [65], М.А. Махмутовым [141], В.С. Павловым [173], В.Д. Прохоренковым [186, 187] и др.

Раствор каустической соды токсичен, малоэффективен, не обладает противокоррозионной способностью, в связи с чем в ремонтном производстве в настоящее время начали использовать такие более эффективные СМС, как Лабомид-203, МС-8, МЛ-51 и др. Санитарно-гигиенические требования к

растворам каустической соды и краткие характеристики Лабомида-203, МС-8, МЛ-51 представлены в [304].

Наибольший эффект моющего действия достигается при использовании ПАВ в сочетании с органическими и неорганическими добавками.

Современные СМС, такие как Лабомид-203, МС-8, МЛ-51 и другие, представляют собой смесь ПАВ с электролитами – натриевыми солями угольной, фосфорной и кремовой кислот.

Моющее действие (процесс удаления загрязнения с поверхности твердых тел с переводом его в состояние раствора или устойчивой дисперсии) растворов СМС, применяемых для очистки поверхностей, определяется комплексом их свойств.

Основными оценочными показателями моющего средства являются степень очистки поверхности от загрязнений, которая оценивается гравиметрическим (весовым) методом, и способность повышать коррозионную стойкость очищаемой поверхности за счет формирования на ней защитной пленки.

Как известно, ПАВ являются основой СМС. Поскольку в молекуле этого вещества содержатся гидрофильные и гидрофобные группы, они всегда располагаются на границе раздела фаз, значительно снижая энергию поверхности раздела. Моющая способность ПАВ объясняется именно с этим его свойством.

2.4 Улучшение противокоррозионных свойств растворов синтетических моющих средств

Для предупреждения коррозии и защиты металлических изделий от коррозии используются различные методы [157, 158, 159, 192, 193, 215, 228, 255, 292, 299, 325, 338]:

– применение коррозионностойких материалов (оцинкованная или алюминированная сталь, синтетические материалы, коррозионностойкая сталь и др.);

- изоляция поверхности металла от агрессивной среды (применение неметаллических и металлических покрытий);
- воздействие на коррозионную среду с целью снижения ее агрессивности введением ингибиторов (замедлителей) коррозии;
- поддержание такого энергетического состояния металла, при котором окисление его термодинамически невозможно или сильно заторможено (электрохимические методы защиты).

Во всех отраслях промышленности, в т. ч. и в ремонтном производстве предприятий агропромышленного и транспортного комплексов, широко применяются ингибиторы коррозии. Ингибитор коррозии может быть представлен одним соединением или смесью нескольких соединений. Наиболее четко ингибиторное действие выражено у таких типов соединений, как амины, сульфиды, альдегиды и др.

По современным воззрениям механизм действия значительного числа ингибиторов имеет электрохимическую природу и заключается в адсорбции ингибитора на корродирующей поверхности и последующем преимущественном торможении анодных (анодные ингибиторы) или катодных процессов (катодные ингибиторы) [45, 85, 92, 151, 192, 336]. При соизмеримом анодном и катодном торможении можно также говорить об ингибиторах смешанного типа.

В практике борьбы с коррозией металлов ингибиторы широко применяют, главным образом, в системах, работающих с постоянным или малообновляемым объемом растворов, например, в машинах и ваннах для мойки деталей перед ремонтом узлов и агрегатов транспортных средств [203].

Применение различных ингибиторов коррозии является основным способом улучшения противокоррозионной способности растворов без изменения их физико-химических свойств и повышения эксплуатационной надежности мобильной техники [105, 334].

Эффективность ингибиторов оценивается: [201]:

- степенью защиты (Z , %);

– коэффициентом торможения коррозии γ (защитным эффектом ингибитора).

Степень защиты Z определяется по формуле:

$$Z = \frac{K_1 - K_2}{K_1} \times 100 = \frac{i_1 - i_2}{i_1} \times 100, \quad (2.28)$$

где K_1, K_2 – скорость коррозии металла в коррозионной среде без ингибитора и с ингибитором соответственно, г/м²·ч;

i_1, i_2 – плотность коррозионного тока в неингибируемой и ингибируемой среде соответственно, А/см².

Если металл полностью защищен от коррозии, то значение Z равно 100%.

Ингибиторный эффект определяется по формуле [8, 13]:

$$\gamma = \frac{K_1}{K_2} = \frac{i_1}{i_2}. \quad (2.29)$$

Связь между двумя показателями оценки эффективности ингибиторов определяется по формуле:

$$Z = 1 - \frac{1}{\gamma} \times 100. \quad (2.30)$$

При окислительной реакции от атомов железа отделяются два электрона и вследствие этого атомы железа превращаются в положительно заряженные ионы железа (Fe^{2+}) [261, 277]:



В месте контактирования с анодом ионы железа перебираются в раствор электролита. Перешедшие в электролит два электрона сообщают аноду отрицательный заряд, вызывая ток в направлении к катоду. На катоде ионы железа соединяются с гидроксильной группой OH^- , которая отрицательно заряжена и постоянно присутствует в электролите:



Тогда суммарная реакция на аноде будет выглядеть:



Действие ионов железа вызывает возникновение ионов водорода H^+ на катоде, соединяющихся с электронами анода, схема процесса которого будет

иметь вид:



При объединении анодных и катодных реакций сформируется общая реакция коррозии [117, 277, 339]:



Следовательно, железо в присутствии воды и более пассивного металла превращается в гидроксид железа.

Каждый металл имеет электродный потенциал [5, 178] (таблица 2.22).

Таблица 2.22 – Стандартные электродные потенциалы некоторых веществ [5], в вольтах

Материал	Потенциал, В	Металл (М) Не металл (НМ)
1	2	3
Литий (Li)	-3,04	М
Калий (K)	-2,92	М
Барий (Ba)	-2,90	М
Кальций (Ca)	-2,87	М
Натрий (Na)	-2,71	М
Магний (Mg)	-2,36 ... -2,37	М
Алюминий (Al)	-1,68	М
Марганец (Mn)	-1,18 ... -1,19	М
Цинк (Zn)	-0,76	М
Хром (Cr)	-0,74	М
Сера (S), твердая	-0,48 ... -0,51	НМ
Железо (Fe)	-0,41 ... -0,44	М
Кадмий (Cd)	-0,40	М
Таллий (Tl)	-0,34	М
Кобальт (Co)	-0,28	М
Никель (Ni)	-0,23	М
Олово (Sn)	-0,14	М
Свинец (Pb)	-0,13	М

1	2	3
Водород (2H)	0,00	
Медь (Cu)	+0,15	М
Йод (I), твердый	+0,54	НМ
Серебро (Ag)	+0,80	М
Ртуть (Hg)	+0,85	М
Бром (Br), жидкий	+1,07	НМ
Платина (Pt)	+1,20	М
Хлор (Cl), газ	+1,36	НМ
Золото (Au)	+1,50	М
Фтор (F), газ	+2,87	НМ

Ряд ингибиторов коррозии, растворяясь в электролитах, могут сместить в поверхностном слое изделия значение электродного потенциала в положительную сторону (рисунок 2.22) [332].

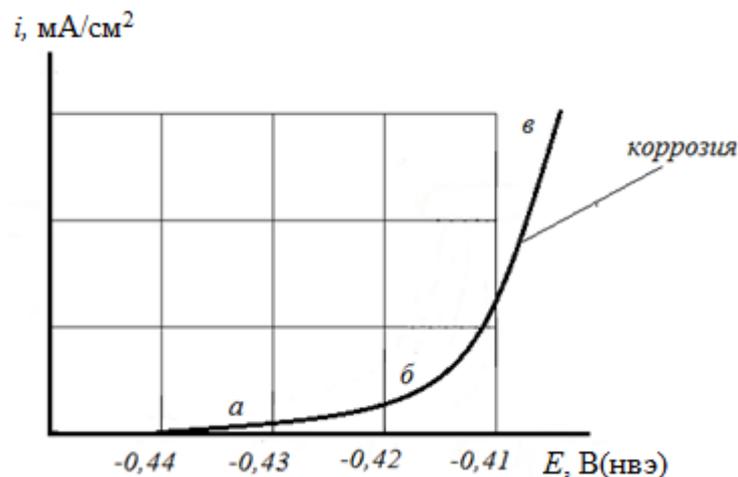


Рисунок 2.22 – Анодная потенциодинамическая кривая для черного металла:

$a - b$ – участок пассивации (не растворяется); $b - в$ – участок активации (активно растворяется)

При введении в коррозионную среду ингибитора коррозии потенциал начала активного растворения (коррозии) смещается в положительную сторону до начала активизации процесса. При этом появляется ток коррозии, плотность которого выражается в мА/см^2 , мкА/см^2 .

Из рисунка 2.22 видно, что при анодной поляризации в присутствии ингибитора металл находится только в двух состояниях: пассивации и активации, а в отсутствие ингибитора металл находится в четырех состояниях: активного растворения, пассивации, полной пассивации и вторичной активации. Начальный электродный потенциал металла в присутствии ингибитора с $-0,44$ В сразу смещается в положительную сторону, что указывает на хорошие защитные свойства ингибитора [277, 340]. Нужно подчеркнуть, что величина начала активации во многом зависит от электродов и свойств ингибитора.

Выбору боратов в качестве ингибиторов коррозии предшествовало патентное исследование ингибиторов коррозии, включающих в своем составе литий, натрий и калий [304]. К соединениям бора также относятся тетраборат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7$ и пентаборат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{B}_5\text{O}_8$ [329, 330].

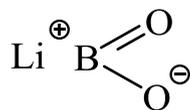
Известно, что соединения аммония проявляют неплохие ингибиторные свойства в коррозионных средах, например:

- аммоний азотистокислый NH_4NO_2 ;
- аммоний азотистокислый + перекись водорода;
- аммоний кремнефтористокислый $(\text{NH}_4)_2 \cdot \text{SiF}_6$;
- аммоний углекислый $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ + перекись водорода;
- аммоний фосфорнокислый (орто) двузамещенный $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ и др.

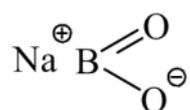
Как показывает анализ приведенных сведений патентного поиска литий-, калий-, натрийсодержащих соединений [304], а также с учетом возможности их использования в качестве ингибиторов, наиболее эффективным и обеспечивающим экологическую безопасность являются их борные соли [257], которые более подробно обоснованы и рассмотрены ниже.

Из анализа данных, приведенных в [46, 304], можно сделать вывод, что соединения на основе лития, натрия, калия имеют ингибиторные свойства. Однако эти соединения являются дефицитными. Как показали наши исследования [275, 276, 301], соединения бора также могут быть использованы для снижения коррозионной активности растворов СМС и

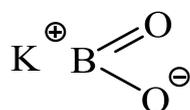
противокоррозионной защиты металлических изделий в межоперационный период хранения. В связи с этим на основе результатов исследований рекомендуем использовать в качестве ингибиторов более предпочтительные монобораты лития, натрия, калия, тетра- и пентабораты аммония, имеющие следующие структурные схемы [117]:



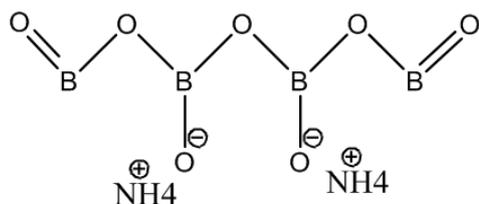
МБЛ, порошок, молекулярная масса 50,0 г/моль;



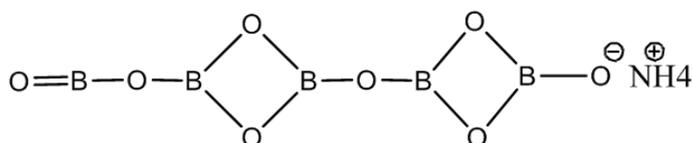
МБН, порошок, молекулярная масса 65,8 г/моль;



МБК, порошок, молекулярная масса 81,9 г/моль.



Тетраборат аммония, бесцветные кристаллы, молекулярная масса 171,9 г/моль.



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

Перечисленные соединения бора полностью растворяются в воде при температуре выше 55°C. При температуре их водного раствора 85-90°C пенообразование незначительно [278, 279, 280], что удовлетворяет требованиям, предъявляемым моющим растворам, применяемым для механизированной мойки загрязненных поверхностей деталей перед операцией дефектации.

Для защиты металлических изделий от коррозии используют ингибиторы, эффективность которых оценивается двумя показателями: степенью защиты и коэффициентом торможения коррозии. Некоторые ингибиторы способны сместить в поверхностном слое изделия значение электродного потенциала, смещая начало активизации процесса коррозии в более положительную сторону.

Патентное исследование показало, что литий, натрий и калий обладают ингибиторными свойствами. Нами выдвинута гипотеза о том, что борные соединения перечисленных щелочных металлов также могут проявлять ингибиторные свойства, и их можно рекомендовать в качестве добавок в моющие составы для улучшения противокоррозионных и моющих свойств растворов СМС, обеспечивающих экологическую безопасность процесса мойки.

2.5 Многокритериальная задача выбора моющего раствора

Основными оценочными показателями моющего средства являются его моющая способность, характеризуемая степенью очистки поверхностей от загрязнений S , и противокоррозионные свойства, характеризуемые продолжительностью времени T до появления первых очагов коррозии на поверхности образцов, суток.

На оба оценочных критерия влияют следующие параметры технологического процесса мойки: температура раствора; концентрация СМС в растворе; продолжительность мойки; вид и степень загрязнения.

В зависимости от конкретных условий одному из указанных критериев может отдаваться предпочтение, но в общем случае существенную роль играют оба критерия. Задача состоит в том, чтобы добиться компромисса между моющей способностью СМС и его противокоррозионными свойствами. Это означает, что задача является многокритериальной по существу. Для ее решения может быть эффективно использована теория игр [1, 115].

Будем полагать, что имеются два игрока. Задачей первого игрока является максимизация степени очистки поверхностей, задача второго игрока – максимизация продолжительности времени до появления первых очагов коррозии.

В процессе принятия решения можно выделить наличие конфликтной ситуации: улучшение одних показателей, характеризующих окончательный результат, часто производится за счет ухудшения других. Упрощенную

формализованную математическую модель конфликтной ситуации называют игрой, а конфликтующие стороны – игроками.

В нашем случае имеем трехсторонний конфликт. С одной стороны, экономическая составляющая – стремление уменьшить расход средств, со второй – повышение моющей способности, с третьей – повышение противокоррозионных свойств. Эту ситуацию можно свести к двусторонней, поскольку повышение противокоррозионных свойств и уменьшение расхода СМС и добавок прямо противоположны повышению моющей способности.

Таким образом, имеем двусторонний конфликт «моющая способность – противокоррозионные свойства», при котором проигрыш для одних показателей обращается выигрышем для других. При этом ни одна из сторон не может полностью «диктовать» поведение в принятии решения.

Для того чтобы сделать возможным математический анализ этой конфликтной ситуации с помощью теории игр, её необходимо упростить, учитывая только основные факторы. Описание конфликта как игры представляет собой указание участников конфликта, как они участвуют в конфликте и какие есть возможные исходы [37].

Игра – это свод правил, которые описывают поведение игроков, и регламентирующих возможные варианты действия сторон. Стратегия игрока представляет собой свод правил, которые определяют его действия в зависимости от ситуации, которая сложилась в игре. Например, стратегией игрока А «противокоррозионные свойства» является выбор комбинации СМС и добавок и снижение их концентрации, а игрока В «моющие свойства» – выбор комбинации СМС и добавок и увеличение их концентрации до определенных оптимальных значений.

Набор всех стратегий $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ игрока называется ситуацией.

Основная цель исследования игр – разработка оптимальных для участников игры стратегий. Эти стратегии при определенных условиях обеспечивают участникам игры максимальный возможный выигрыш или минимальный возможный средний проигрыш.

В работе мы рассматриваем матричную игру, когда количество стратегий у игроков конечно (из-за ограниченного выбора комбинаций СМС и добавок). Пусть у игрока А – m стратегий, а у игрока В – n стратегий. Выбор стратегий A_i и B_j определяет исход игры a_{ij} , т.е. число, которое характеризует выигрыш игрока А и проигрыш игрока В. При этом a_{ij} представляет собой некоторую синтетическую величину, связывающую степень очистки с временем до появления коррозии.

Предположим, что при $a_{ij} \geq 0$ игрок А выигрывает, а игрок В проигрывает величину a_{ij} . Если $a_{ij} < 0$, ситуация меняется на обратную, т.е. выигрывает игрок В, и проигрывает игрок А. В таких случаях слово «проигрыш» часто меняется на выражение «отрицательный выигрыш» игрока А.

Значения a_{ij} в игре получаем по средним значениям наблюдаемых на практике случаев. Эти значения, записанные в виде таблицы, называют матрицей эффективности (матрицей игры). Строки матрицы соответствуют стратегиям A_i , а столбцы – стратегиям B_j (таблица 2.23).

Таблица 2.23 – Вид эффективной матрицы 2×2

A \ B	B_1	B_2	...	B_n
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}

A_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}

или

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}.$$

Если матрица игры содержит элемент a_{ij} , который является минимальным в i -й строке и максимальным в j -м столбце, то он называется *седловой точкой* матричной игры. В таких случаях игра называется игрой с седловой точкой. Число $V = \alpha = \beta$ называется чистой ценой игры, а чистые стратегии A_i и B_j , которые образуют седловую точку, называются *оптимальными чистыми стратегиями*. Тройка (A_i, B_j, V) называется решением матричной игры с седловой точкой.

Для рассматриваемого нами случая крайне маловероятно существование решения игры в чистых стратегиях, поскольку игрок А «противокоррозионные свойства» бескомпромиссно требует снижения концентрации, что не может устраивать игрока В «моющие свойства». То есть заранее маловероятна ситуация, устраивающая обе стороны, – в матрице эффективности нет седловой точки.

В этом случае оптимальные стратегии игроков должны быть следующие.

Игроки должны выбирать чистые стратегии с определенной вероятностью.

Вероятности, с которыми игрок А использует в ходе игры свои чистые стратегии A_1, A_2, \dots, A_m , обозначим через p_1, p_2, \dots, p_m .

Тогда смешанной стратегией S_A или \bar{p} первого игрока А называется вектор $S_A = \bar{p} = (p_1, p_2, \dots, p_m)$, где $p_i \geq 0$ ($i = \overline{1, m}$) и $\sum_{i=1}^m p_i = 1$. Таким образом, смешанная стратегия \bar{p} заключается в применении чистых стратегий A_1, A_2, \dots, A_m с соответствующими вероятностями p_1, p_2, \dots, p_m , что можно записать в виде

$$S_A = \begin{pmatrix} A_1, A_2, \dots, A_m \\ p_1, p_2, \dots, p_m \end{pmatrix}.$$

Аналогично, смешанной стратегией S_B или \bar{q} второго игрока В называется вектор $S_B = \bar{q} = (q_1, q_2, \dots, q_n)$, где $q_j \geq 0$ ($j = \overline{1, n}$) и $\sum_{j=1}^n q_j = 1$, q_j – вероятность применения чистой стратегии B_j .

Так как участники игры свои чистые стратегии выбирают на случайной основе и не согласовывая друг с другом, то вероятность выбора комбинации (A_i, B_j) будет равна $p_i \cdot q_j$. В случае использования смешанных стратегий игра будет иметь случайный характер, т.е. величина выигрыша игрока А (проигрыша игрока В) становится случайной. Следовательно, имеет место лишь средняя величина (математическое ожидание) выигрыша (проигрыша), которая является функцией от смешанных стратегий \bar{p} и \bar{q} и определяется по формуле

$$f(\bar{p}, \bar{q}) = M(\bar{p}, \bar{q}) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot p_i \cdot q_j$$

и называется платежной функцией игры с матрицей $(a_{ij})_{m \times n}$.

Первый игрок, применяя смешанные стратегии, будет стремиться к максимальному увеличению среднего выигрыша до $\beta = \min_{\bar{q}} \max_{\bar{p}} f(\bar{p}, \bar{q})$, который называется верхней ценой игры. Второй игрок, применяя свои смешанные стратегии, будет стремиться снизить увеличение среднего выигрыша первого игрока до минимального возможного значения $\alpha = \max_{\bar{p}} \min_{\bar{q}} f(\bar{p}, \bar{q})$, который называется нижней ценой игры.

Смешанные стратегии $\bar{p}^* = (p_1^*, p_2^*, \dots, p_m^*)$, $\bar{q}^* = (q_1^*, q_2^*, \dots, q_n^*)$ являются *оптимальными*, когда для произвольных стратегий, $\bar{p} = (p_1, p_2, \dots, p_m)$, $\bar{q} = (q_1, q_2, \dots, q_n)$ выполняется следующее условие

$$f(\bar{p}, \bar{q}^*) \leq f(\bar{p}^*, \bar{q}^*) \leq f(\bar{p}^*, \bar{q}),$$

т.е. когда они образуют седловую точку для платежной функции $f(\bar{p}, \bar{q})$.

Сведем матричную игру к задаче линейного программирования.

Если $\bar{p}^* = (p_1^*, p_2^*, \dots, p_m^*)$ и $\bar{q}^* = (q_1^*, q_2^*, \dots, q_n^*)$ оптимальные смешанные стратегии игроков А и В. Предположим, что $\alpha \neq \beta$, а все элементы платежной матрицы $a_{ij} \geq 0$. Стратегия \bar{p}^* обеспечивает игроку А выигрыш не менее V независимо от выбора стратегии B_j игроком В. Это можно записать в виде:

$$\begin{cases} a_{11}p_1 + a_{21}p_2 + \dots + a_{m1}p_m \geq V, \\ a_{12}p_1 + a_{22}p_2 + \dots + a_{m2}p_m \geq V, \\ \dots \\ a_{1n}p_1 + a_{2n}p_2 + \dots + a_{mn}p_m \geq V, \end{cases}$$

где $p_1 + p_2 + \dots + p_m = 1, p_i \geq 0 \ (i = \overline{1, m})$.

Аналогично, стратегия \bar{q}^* гарантирует игроку В проигрыш, не больше V, независимо от выбора стратегии A_i игроком А, т.е.

$$\begin{cases} a_{11}q_1 + a_{12}q_2 + \dots + a_{1n}q_n \leq V, \\ a_{21}q_1 + a_{22}q_2 + \dots + a_{2n}q_n \leq V, \\ \dots \\ a_{m1}q_1 + a_{m2}q_2 + \dots + a_{mn}q_n \leq V, \end{cases}$$

где $q_1 + q_2 + \dots + q_n = 1, q_j \geq 0 \ (j = \overline{1, n})$.

После преобразования системы, разделив обе части каждого неравенства на $V \geq 0$ и введя новые обозначения: $p_i/V = x_i, q_j/V = y_j \ (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n})$, получаем:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + \dots + a_{m1}x_m \geq 1, \\ a_{12}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{m2}x_m \geq 1, \\ \dots \\ a_{1n}x_1 + a_{2n}x_2 + \dots + a_{mn}x_m \geq 1, \end{cases}$$

где $x_1 + x_2 + \dots + x_m = 1/V, x_i \geq 0 \ (i = \overline{1, m})$, и

$$\begin{cases} a_{11}y_1 + a_{12}y_2 + \dots + a_{1n}y_n \leq 1, \\ a_{21}y_1 + a_{22}y_2 + \dots + a_{2n}y_n \leq 1, \\ \dots \\ a_{m1}y_1 + a_{m2}y_2 + \dots + a_{mn}y_n \leq 1, \end{cases}$$

где $y_1 + y_2 + \dots + y_n = 1/V, y_j \geq 0 \ (j = \overline{1, n})$.

Поскольку игрок А будет стремиться максимизировать цену игры V, то обратная величина 1/V будет минимизироваться, поэтому оптимальная стратегия игрока А определится из задачи линейного программирования следующего вида:

– найти минимальное значение функции $f(\bar{x}) = x_1 + x_2 + \dots + x_m$ при имеющихся ограничениях.

Оптимальная смешанная стратегия игрока В определится решением задачи вида:

– найти максимальное значение функции $F(\bar{y}) = y_1 + y_2 + \dots + y_n$ при ограничениях.

Получается сопряженная пара взаимно двойственных задач линейного программирования. Решая эти задачи методами линейного программирования и используя обозначения, находим:

$$V = 1/\sum x_i^*, p_i^* = V \cdot x_i^*, q_j^* = V \cdot y_j^* \quad (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n})$$

Итак, найдем решение игры с матрицей эффективности, составленной из элементов a_{ij} введенной нами синтетической величины, связывающей степень очистки с продолжительностью времени до появления первых очагов коррозии

$$\begin{bmatrix} 1 & 7 & 2 \\ 6 & 2 & 7 \end{bmatrix}.$$

Проанализируем игру на определение наличия седловой точки:

$$\left. \begin{array}{l} \begin{bmatrix} 1 & 7 & 2 \\ 6 & 2 & 7 \end{bmatrix} \rightarrow 1 \\ \phantom{\begin{bmatrix} 1 & 7 & 2 \\ 6 & 2 & 7 \end{bmatrix}} \rightarrow 2 \end{array} \right\} \alpha = 2$$

$$\max \begin{array}{ccc} 6 & 7 & 7 \\ \beta = 6 \end{array}$$

В связи с тем, что $\alpha \neq \beta$, решение игры определяем в смешанных стратегиях. Цена игры заключена между нижней α и верхней β ценами, т.е. $2 \leq V \leq 6$.

Составим задачу линейного программирования для каждого игрока.

Для игрока А «противокоррозионные свойства»: найти минимальное значение функции $f = x_1 + x_2$ при ограничениях

$$\begin{cases} x_1 + 6x_2 \geq 1, \\ 7x_1 + 2x_2 \geq 1, \\ 2x_1 + 7x_2 \geq 1, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

Для игрока В «моющие свойства»: найти максимальное значение функции $F = y_1 + y_2 + y_3$ при ограничениях

$$\begin{cases} y_1 + 7y_2 + 2y_3 \leq 1, \\ 6y_1 + 2y_2 + 7y_3 \leq 1, \\ y_j \geq 0, \quad j = \overline{1,3}. \end{cases}$$

Решая эти взаимодвойственные задачи с помощью практически любого пакета символьных вычислений (или электронных таблиц), получаем оптимальный план:

$$\bar{X}^* = (x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*, x_5^*) = (1/10, 3/20, 0, 0, 0); f(\bar{X}^*) = 1/4$$

$$\bar{Y}^* = (y_1^*, y_2^*, y_3^*, y_4^*, y_5^*) = (1/8, 1/8, 0, 0, 0), f(\bar{Y}^*) = 1/4.$$

Теперь определим компоненты оптимальных смешанных стратегий игроков с учетом полученных выше результатов:

$$V = 4; \bar{p}^* = (2/5, 3/5); \bar{q}^* = (1/2, 1/2, 0).$$

Как видим, игроку А «противокоррозионные свойства» в 40% необходимо использовать первую стратегию (комбинация МБК с Лабомидом-203) и в 60% – вторую (комбинация МБК с МС-8). Игроку В «моющие свойства» в 50% использовать первую стратегию, в 50% – вторую и не использовать третью (комбинация МБК с МЛ-51).

2.6 Выводы по главе 2

1. Положением о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта предусмотрено корректирование нормативов технической эксплуатации в зависимости от ряда действующих факторов. Коэффициент корректирования нормативов в зависимости от природно-климатических условий учитывает и агрессивность окружающей среды, к которой относятся загрязнения поверхности дорог и загрязнения атмосферы различными химическими веществами и соединениями, а также пылью и частицами почвы.

Как показали результаты наших исследований, концентрация агрессивных компонентов загрязнений на дорогах в пределах одного региона не одинакова. Она зависит от множества факторов. Так, концентрация компонентов загрязнений на городских дорогах г. Чебоксары и г. Новочебоксарск выше, чем на автомагистрали М7, что определяется загрязненностью атмосферы городов и количеством рассеиваемых противогололедных реагентов. Все это свидетельствует о том, что Положение требует дальнейшего развития в направлении более дифференцированного учета условий эксплуатации транспортных средств, в том числе с точки зрения загрязненности дорожной поверхности и коррозионной активности загрязнений.

2. Причиной низкой эффективности технологического процесса мойки может быть применение моющих растворов с низкими моющей и ингибиторной способностями, что способствует некачественной мойке, снижению коррозионной стойкости деталей, узлов и агрегатов. Известно, что только за счет неудовлетворительной очистки деталей ресурс отремонтированных агрегатов машин уменьшается на 20-40%, производительность труда – до 8%.

3. Анализ механизма моющего действия растворов при мойке загрязненных поверхностей деталей машин в процессе ремонта позволил выявить резервы повышения эффективности технологического процесса мойки, реализуемые через обоснованные параметры технологического процесса мойки (продолжительность процесса, температура раствора, состав СМС по наличию компонентов и их концентрации):

- моющая и противокоррозионная способность многокомпонентного моющего раствора для мойки деталей, узлов и агрегатов;
- качество очистки поверхностей деталей;
- коррозионная стойкость вымытых поверхностей.

Реализация выявленных резервов возможна за счет:

- повышения степени очистки деталей, что способствует качественному выполнению дефектовочных работ и снижению вероятности использования деталей с неявно-выраженными дефектами при сборке агрегатов машин;
- сокращения времени на выявление дефектов деталей и возможности обоснованной и быстрой замены негодных деталей;
- образования пассивирующей пленки на поверхности вымытых деталей, которая повышает их коррозионную стойкость и способность противостоять отрицательному влиянию агрессивных факторов окружающей среды.

4. Патентное исследование показало, что литий, натрий и калий обладают ингибиторными свойствами. Нами выдвинута гипотеза о том, что борные соединения перечисленных щелочных металлов также могут проявлять ингибиторные свойства и их можно рекомендовать в качестве добавок для улучшения противокоррозионных и моющих свойств растворов СМС для мойки агрегатов, узлов и деталей в технологических процессах ремонта двигателей мобильной техники, эффективность которых позволяет сократить продолжительность мойки до 5 мин., т.е. в 3,4 раза в сравнении с растворами СМС без добавки боратов и обеспечивающих экологическую безопасность процесса мойки, т. к. по степени опасности они относятся к 4-му классу, в сравнении с ранее применяемыми хроматами, относящимися по степени опасности ко 2-му классу.

5. Основными оценочными показателями моющего средства являются его моющая способность, характеризующая степень очистки поверхностей от загрязнений, % и противокоррозионные свойства, характеризующиеся продолжительностью времени до появления первых очагов коррозии на поверхности образцов, суток. В зависимости от конкретных условий одному из указанных критериев может отдаваться предпочтение, но в общем случае существенную роль играют оба критерия. Задача состоит в том, чтобы добиться компромисса между моющей способностью СМС и его противокоррозионными свойствами. Это означает, что задача является многокритериальной по существу. Для ее решения предложено использовать теорию игр.

6. Для решения поставленной задачи разработана математическая модель, в которой игра двух игроков представлена в нормальной форме, т.е. сведена к матричной игре при наличии ограничений по финансовым возможностям, объему ванны, наличным запасам СМС. Методика решения задачи предусматривает отыскание точки равновесия интересов игроков и, исходя из них, определение параметров технологического процесса мойки.

ГЛАВА 3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 План экспериментальных исследований соотношения синтетических моющих средств и активизирующих добавок в моющих растворах

Задача планирования эксперимента заключается в получении некоторого представления о поверхности отклика в некоторой локальной области факторного пространства, которое в общем случае можно аналитически изобразить в виде функции [16, 153, 172, 212]:

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_i), \quad (3.1)$$

где y – выход процесса, т.е. параметр, подлежащий изучению и оптимизации; $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i$ – известные и изучаемые исследователем переменные факторы, которые можно варьировать при постановке эксперимента.

С помощью полного факторного эксперимента можно получить математическое описание процесса в виде отрезка ряда Тейлора и информацию о влиянии факторов. Он служит для качественного определения функций отклика на заданном режиме ведения процесса и основой для оптимизации.

По экспериментальным данным определяют коэффициенты искомого уравнения, которые имеют такую же погрешность, что и эксперимент, поэтому определяют только выборочные коэффициенты регрессии b_0, b_i, b_{ij} , которые оценивают теоретические коэффициенты регрессии $\beta_0, \beta_i, \beta_{ij}$, т.е.

$$\begin{aligned} b_i &= \beta_i + \sum_{i=1}^n \Delta S; \\ b_{ij} &= \beta_{ij} + \sum_{i=1}^n \Delta S; \\ b_0 &= \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_{ij} + \sum_{i=1}^n \beta_{ij} + \dots + \sum_{i=1}^n \Delta S, \end{aligned} \quad (3.2)$$

где $\sum_{i=1}^n \Delta S$ – ошибка, связанная с неучтенными факторами и погрешностью метода;

b_i, b_{ij} – состоят из коэффициентов регрессии как исследуемых x_i и x_j , так и не учтенных в эксперименте факторов;

b_0 – есть совместная оценка для теоретического свободного члена уравнения,

суммы коэффициентов при членах высших порядков и суммы ошибок.

Следовательно, с помощью полнофакторного эксперимента ищут математическое описание процесса в виде уравнения:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \dots + \beta_{(n-1)n} x_n, \quad (3.3)$$

которое называют уравнением регрессии, а входящие в него коэффициенты – коэффициентами регрессии.

Для более удобного вычисления коэффициентов регрессии все факторы варьируют на двух уровнях, которые соответствуют значениям кодированных переменных «+» и «-».

По значениям коэффициентов уравнения регрессии, можно судить о влиянии исследуемых факторов на данный процесс, о взаимодействии факторов к направлению движения к оптимальной области.

Таким образом, планирование и проведение полного факторного эксперимента сводится к следующим операциям:

- выбор факторов;
- определение границ варьирования;
- составление плана (матрицы) полного факторного эксперимента;
- проведение самого эксперимента и получение результатов;
- расчет коэффициентов полученного уравнения регрессии;
- оценка значимости этих коэффициентов;
- анализ уравнения регрессии.

Полный факторный эксперимент проводится по строгому плану, где для каждого фактора произвольно, если не регламентируется какими-нибудь предположениями, определяется условный нулевой уровень O_{x_i} . Предпочтительнее выбирать нулевой уровень близким к действительным значениям факторов. Затем выбирается шаг варьирования λ_i (таблица 3.1).

После выбора O_{x_i} и λ_i составляется план эксперимента, учитывая, что в эксперименте должны быть задействованы все возможные варьируемые значения факторов между верхним и нижним уровнями ($O_{x_i} + \lambda_i$ и $O_{x_i} - \lambda_i$).

Таким образом, полный факторный эксперимент есть система экспериментов, которая содержит все возможные неповторяющиеся комбинации значений факторов между верхним и нижним уровнями.

Таблица 3.1 – Матрица планирования эксперимента плана $N = 2^3$

Наименование	Значения переменных		
	x_1	x_2	x_i
Основной уровень O_{x_i}	O_{x_1}	O_{x_2}	O_{x_i}
Интервал варьирования λ_i	λ_1	λ_2	λ_i
Верхний уровень «+»	$O_{x_1} + \lambda_1$	$O_{x_2} + \lambda_2$	$O_{x_i} + \lambda_i$
Нижний уровень «-»	$O_{x_1} - \lambda_1$	$O_{x_2} - \lambda_2$	$O_{x_i} - \lambda_i$

Необходимое количество вариантов опыта определяется по формуле:

$$N = 2^i,$$

где i – количество исследуемых факторов.

Для полного факторного эксперимента плана $N = 2^2$ уравнение регрессии принимает вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2; \quad (3.4)$$

Для плана $N = 2^3$:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_1x_3 + b_{123}x_1x_2x_3 \quad (3.5)$$

Для плана $N = 2^4$:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_4 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4 + b_{123}x_1x_2x_3 + b_{124}x_1x_2x_4 + b_{134}x_1x_3x_4 + b_{234}x_2x_3x_4 + b_{1234}x_1x_2x_3x_4. \quad (3.6)$$

Для оценки воспроизводимости экспериментов рассчитывали значение критерия Кохрена G_p :

$$G_p = \frac{S_{jmax}^2}{\sum_{j=1}^N S_j^2}. \quad (3.7)$$

Гипотезу однородности дисперсий проверяли сравнивая расчетное G_p и табличное G_m значения критерия Кохрена. Если $G_p < G_m$, то гипотеза принимается.

Определяли коэффициенты регрессии по формуле

$$b_{ij} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m \bar{y}_i \cdot x_{ij}, \quad (3.8)$$

где j – номер варианта.

После того, как было получено уравнение регрессии проводили полный статистический анализ уравнения в нижеследующей последовательности [212]:

а) определяли дисперсию воспроизводимости результатов:

$$S^2[y] = \frac{\sum_{j=1}^N S_j^2}{N} \quad (3.9)$$

б) рассчитывали дисперсию среднего значения:

$$S^2[\bar{y}] = \frac{S^2[y]}{m} \quad (3.10)$$

в) определяли дисперсию коэффициентов регрессии:

$$S^2\{b_i\} = \frac{S^2[\bar{y}]}{N} \quad (3.11)$$

г) рассчитывали ошибку коэффициентов регрессии:

$$S\{b_i\} = \sqrt{S^2\{b_i\}} \quad (3.12)$$

д) определяли значимость коэффициентов регрессии:

$$b_i \geq S\{b_i\} \cdot t_{(\gamma=0,95; v=N(m-1))}, \quad (3.13)$$

где γ – доверительная вероятность;

m – число построчных выходов.

Незначимые члены уравнения исключали, затем оценивали адекватность остаточного уравнения по критерию Фишера:

$$F_i = \frac{\max\{S_{ад}^2; [S_j^2]\}}{\min\{S_{ад}^2; [S_j^2]\}} \leq F_{\text{табл.}[\gamma; v_1=B-1; v_2=N(m-1)]}, \quad (3.14)$$

где $S_{ад}^2$ – дисперсия адекватности:

$$S_{ад}^2 = \frac{1}{N-B} \sum_{j=1}^N (\kappa_{ij} - \hat{\kappa}_j)^2, \quad (3.15)$$

где B – число значимых коэффициентов остаточного уравнения регрессии;

$\hat{\kappa}_j$ – расчетное значение выхода после исключения незначимых членов в j -м варианте.

По знаку и значению коэффициентов уравнения регрессии определяли

влияние того или иного фактора на происходящий процесс. Знак «+» означает положительный, а знак «-» означает отрицательный эффект [277].

Результаты обработки экспериментальных данных по изложенной методике представлены в главе 5.

Параметрами технологического процесса мойки являются продолжительность, температура и состав моющего раствора по включенным компонентам и их концентрации. Для разработки оптимального технологического процесса мойки следовало бы провести многофакторный эксперимент, при котором одновременно варьировали бы все действующие факторы. Однако последний параметр является в свою очередь многофакторным, что резко затрудняет постановку подобного эксперимента. В связи с этим было принято решение определить оптимальный состав моющего раствора при фиксированных его температуре (85°C) и продолжительности процесса (5 мин.).

Учитывая сложность поставленной задачи, для определения оптимального состава моющих растворов первоначально исследовали оптимальную концентрацию СМС в водных растворах, а затем определяли оптимальный состав моющих растворов.

Рассматривали моющие растворы на основе СМС со специальными добавками в различных соотношениях.

При этом использовали математический метод планирования экспериментов плана $N = 2^2$

Обозначили:

x_1 – концентрация СМС;

x_2 – концентрация специальной добавки.

Математическая теория планирования экспериментов базируется на современной математической статистике [16, 212, 241]. При этом в отличие от традиционного «классического» метода, когда попеременно меняют каждый из факторов, оставляя остальные постоянными, при новом методе планирования изменяют все факторы сразу. Это ведет к сокращению числа опытов и к более

полному выявлению влияния отдельных факторов друг на друга.

В нашем случае одновременно меняли концентрацию СМС и концентрацию добавок. Составляли матрицу планирования (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Матрица планирования полного факторного эксперимента $N = 2^2$

Наименование	Значения переменных		Результаты опытов y_n
	x_1	x_2	
Основной уровень O_{x_i}	O_{x_1}	O_{x_2}	
Интервал варьирования λ_i	λ_1	λ_2	
Верхний уровень «+»	$O_{x_1} + \lambda_1$	$O_{x_2} + \lambda_2$	
Нижний уровень «-»	$O_{x_1} - \lambda_1$	$O_{x_2} - \lambda_2$	
Кодированные значения факторов	x_1	x_2	
Опыты:			
первый	-1	-1	y_1
второй	+1	-1	y_2
третий	-1	+1	y_3
четвертый	+1	+1	y_4

Интервалом варьирования называется некоторое число, прибавление которого к основному уровню дает верхний, а вычитание – нижний уровень факторов.

Для упрощения записи условий эксперимента и обработки экспериментальных данных масштабы по осям выбирали так, чтобы верхний уровень соответствовал +1, а нижний – 1.

Для получения кодированных значений факторов воспользовались формулой:

$$x_\lambda = \frac{O_n - O_{x_i}}{\lambda_i}, \quad (3.16)$$

где O_n , O_{x_i} – натуральные значения факторов и основного уровня;

λ_i – интервал варьирования.

Результаты опытов (в нашем случае моющая способность растворов)

выражали степенью очистки (y_n) образцов от модельного загрязнения.

Зависимость между параметрами оптимизации процесса мойки y_n и факторами x_1, x_2, \dots, x_n записывали в виде уравнения (3.1), называемого функцией отклика.

В нашем случае функция отклика имеет вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2, \quad (3.17)$$

где b_0, b_1, b_2, b_{12} – коэффициенты регрессии, определяемые по стандартной методике расчета результатов выхода по формуле:

$$b_j = \frac{\sum_{i=1}^N x_{ji} \cdot y_n}{N}, \quad (3.18)$$

где x_1, x_2 – концентрации СМС и добавок соответственно.

N – число опытов.

В двухфакторном эксперименте исследовали девять вариантов: влияние МБЛ, МБН, МБК на моющие свойства растворов Лабомида-203, МС-8 и МЛ-51. Методика исследования по всем вариантам была идентичной.

Из выполненных ранее лабораторных исследований были установлены оптимальные концентрации СМС Лабомида-203, МС-8, МЛ-51 и совместно с ними действующих в качестве ингибитора и активатора моющих свойств водных растворов следующие добавки: МБЛ; МБН; МБК.

Исследовали растворы моющих средств с перечисленными добавками различной концентрацией.

В литературных источниках отсутствуют сведения исследования соединений бора в качестве добавок в растворы моющих средств. Поэтому исследования соединений бора в качестве таких добавок являются актуальными.

Постановка многофакторного эксперимента требует проведения большого количества опытов, результаты представляются в виде таблиц, но в инженерных расчетах предпочтительнее представление результатов в виде графиков или регрессионных зависимостей.

Общая методика исследования и статистическая обработка результатов

опыта описаны ниже. Последовательность экспериментов и статистической обработки была следующей:

- 1 подготовка образцов;
- 2 нанесение загрязнений;
- 3 взвешивание на аналитических весах;
- 4 составление матрицы плана $N = 2^2$ (таблица 3.3) и подготовка таблицы для записей и предварительных расчетов.

При двух факторах $i = 2$ эксперимент включает четыре варианта (таблица 3.4).

Таблица 3.3 – Матрица планирования эксперимента плана $N = 2^2$

Наименование	Значения переменных		
	x_1	x_2	x_i
Основной уровень O_{x_i}	O_{x_1}	O_{x_2}	O_{x_i}
Интервал варьирования λ_i	λ_1	λ_2	λ_i
Верхний уровень «+»	$O_{x_1} + \lambda_1$	$O_{x_2} + \lambda_2$	$O_{x_i} + \lambda_i$
Нижний уровень «-»	$O_{x_1} - \lambda_1$	$O_{x_2} - \lambda_2$	$O_{x_i} - \lambda_i$

Таблица 3.4 – Полный двухфакторный эксперимент

№ варианта	План			Расчет x_1, x_2	Выход			Среднее значение \bar{y}_i	Дисперсия S_j^2
	x_0	x_1	x_2		y_1	y_2	y_3		
1	+	-	-	+					
2	+	+	-	-					
3	+	-	+	-					
4	+	+	+	+					

Примечание – x_0 – фиктивная переменная, вводимая для расчетов.

Чередование первого фактора на нижнем и верхнем уровне по вариантам – попеременное, последующих факторов от предыдущих по вариантам каждый раз удваивается.

Знаки «+» и «-» означают «+1» и «-1», т.е. они представляют кодированные значения варьируемых факторов. В каждом варианте эксперимента необходимо иметь не менее трех результатов выходов.

1. Подготовка экспериментов. Эксперименты проводили в водных растворах моющего средства (x_1) и соединений бора (x_2), используя термостойкие химические стаканы. Схема экспериментов приведена на рисунке 3.1.

2. Проведение экспериментов;

Основные эксперименты оформляли в подготовительной таблице 3.5.

3. Заполнение столбца «Выход» (y_1, y_2, y_3) таблицы 3.4 по данным таблицы 3.5;

4. Расчет среднего значения выходов и дисперсий по каждой строке таблицы 3.4:

$$\bar{y}_i = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m y_i, \quad (3.19)$$

где m – количество параллельных выходов в каждом варианте;

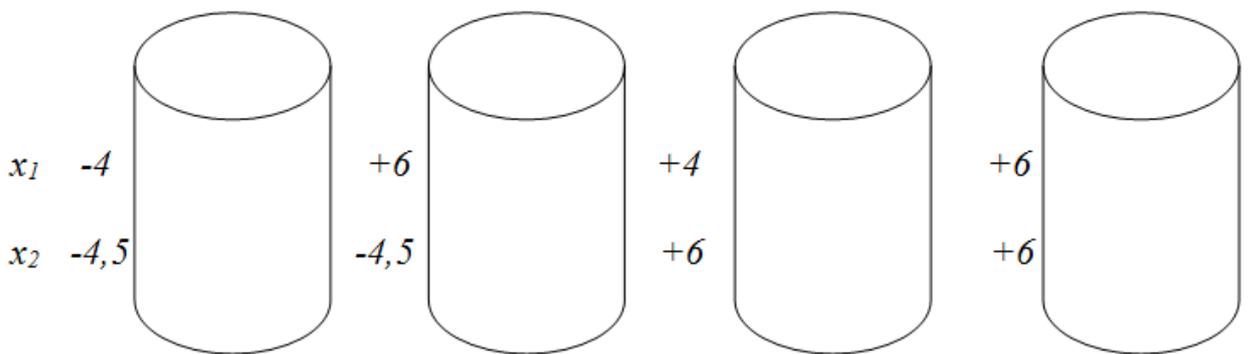


Рисунок 3.1 – Схема экспериментов

Таблица 3.5 – Подготовительная таблица

№ вариантов	№ образцов	Масса образца, г			$M_1 - M_2$	Степень очистки, %	Формула
		M_0	M_1	M_2			
1	1						$y = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \cdot 100\%$
	2						
	3						
2	4						
	5						
	6						

1	2	3	4	5	6	7	8
3	7 8 9						
4	10 11 12						
...	...						

5. Вычисление коэффициентов искомого уравнения регрессии:

$$З = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m \bar{y}_i \cdot x_0, \quad (3.20)$$

где $З$ – степень очистки, %;

6. Вычисление дисперсии:

$$S_j^2 = \frac{\sum (y_j - \bar{y}_j)^2}{m-1}; \quad (3.21)$$

7. Проверка воспроизводимости экспериментов и оценка по критерию Кохрена G_p :

$$G_p = \frac{S_{jmax}^2}{\sum S_j^2} < G_{табл(\gamma=0,95; N=4)}; \quad (3.22)$$

При $N = 4$ и $\gamma = 0,95$ табличное значение критерия Кохрена: $G_{табл} = 0,768$.

8. Статистическая обработка результатов экспериментов по стандартной методике [50, 68, 145, 153, 212, 225] и оценка по полученному уравнению регрессии доли влияния на степень очистки переменных x_1 и x_2 .

3.2 Устройство и методика использования усовершенствованной мочной установки

Теоретические исследования характеризуются основополагающим свойством для рассматриваемой группы явлений. Установленные в результате теоретических исследований закономерности имеют первостепенную важность. Они наиболее точно отражают действительное развитие явления и в то же время достаточно полные, чтобы не только объяснить это явление, но и изменить его в требуемом направлении, т.е. управлять результатами работы, что

порой не дает результат отдельных экспериментов, а иногда дает только ограниченный вариант выполнения решения.

Отсутствие строгой теории по определению добавок к СМС и оптимизации их концентрации заставляет ученых искать новые методы решения указанных проблем. Всесторонний анализ существующих добавок к СМС, имеющегося их многообразия подтверждает, что на сегодня отсутствует всесторонне научно обоснованная теория и методика оптимизации концентрации существующих добавок к СМС как у нас в стране, так и за рубежом.

Для моделирования технологического процесса мойки и проведения лабораторных исследований моющих свойств растворов использовали оригинальную лабораторную моечную установку (см. рисунок 3.2), изготовленную в лабораторных условиях по аналогии [189, 190]. Она состоит из двустенной термостатированной ванны 1 емкостью 1,5 л, куда заливали 1 л моющего раствора, который возбуждали с помощью пропеллерной мешалки 7, приводимой в действие от электродвигателя 5, вращающегося с частотой 300 мин^{-1} .

Раствор подогревали через рубашку 2, которая расположена вокруг ванны, перекачивая воду из термостата ТС-24.

При определении моющей способности раствора в качестве опытного образца 3 использовали стальную шлифованную с одной стороны пластину размером $150 \times 70 \times 2$ (мм). В моечную установку образцы размещали с использованием кронштейна 4. Температуру раствора контролировали термометром 6.

Порядок работ по исследованию моющего свойства раствора был следующим:

1. Удаление первичных продуктов коррозии;
2. Обезжиривание поверхности образцов с одной стороны венской известью, промывка холодной водой и просушка между листами фильтровальной бумаги по методике, приведенной в [186, 187];

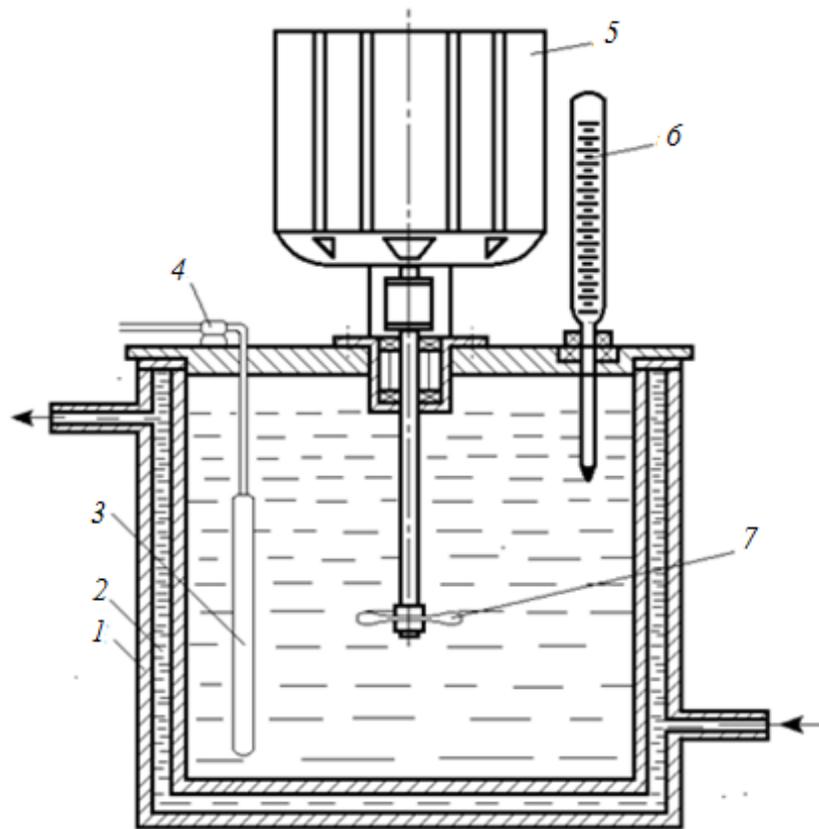


Рисунок 3.2 – Лабораторная моечная установка: 1 – двустенная термостатированная ванна; 2 – рубашка; 3 – образец; 4 – кронштейн; 5 – электродвигатель; 6 – термометр; 7 – пропеллерная мешалка

3. Трехкратное измерение размеров образцов;

4. Взвешивание образцов, занесение данных в таблицу 3.5;

5. Нанесение на обезжиренную поверхность образцов модельного загрязнения в количестве 0,1 г равномерным слоем. Во избежание допущения ошибки при определении массы загрязнения наносили на образцы с одной стороны, т.к. при двустороннем нанесении загрязнения взвешивание на весах затрудняется;

6. Взвешивание образцов с загрязнением и занесение данных в таблицу 3.6 осуществляли после 30-минутной выдержки образцов на воздухе.

7. Заполнение ванны моечной установки водой в объеме 1 л, подогрев воды до температуры 85-90°C и постепенное добавление СМС согласно инструкции по его применению [304];

8. Размещение образцов с искусственным загрязнением в лабораторную моечную установку;

9. Определение моющей способности каждого раствора весовым методом при продолжительности процесса мойки 5 мин.;

10. Занесение полученных результатов в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Результаты эксперимента

Наименование моющего средства	Концентрация моющего средства	Время мойки, мин	Температура, °С	Масса образца, г		
				до мойки		после мойки
				без загрязнения	с модельным загрязнением	

Моющая способность растворов определялась методом взвешивания образцов. Сущность этого метода состоит в определении степени очистки (C , %) поверхности образцов и высчитывается по следующей формуле:

$$C = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\%, \quad (3.23)$$

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.

Результаты исследования по разработанной методике представлены в главе 5.

3.3 Методика подготовки экспериментальных образцов

Лабораторные исследования проводились на образцах размерами $30 \times 100 \times 2$ (мм) из стали Ст. 45Х и $30 \times 100 \times 1$ (мм) из стали 08 кп (рисунок 3.3).

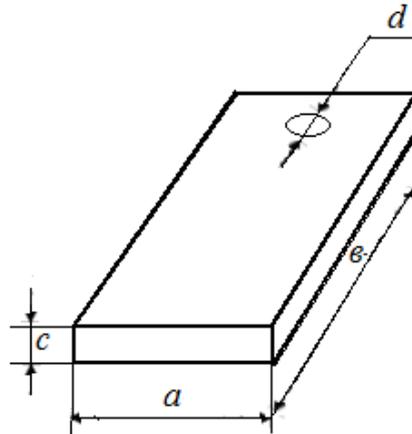


Рисунок 3.3 – Эскиз экспериментального образца: a – ширина, b – длина, c – толщина, d – диаметр отверстия

Их вырезали на гильотинных механических ножницах из листовой стали 08 кп и стали Ст. 45Х. Выбор марок стали для экспериментальных образцов обосновывается тем, что основным материалом для изготовления кузовов автомобилей ВАЗ является сталь 08 кп [291, 293, 294], и многие детали двигателей ВАЗ изготовлены из стали Ст. 40Х или Ст. 45Х (таблица 3.7).

Таблица 3.7 – Материалы некоторых деталей двигателя ВАЗ – 2112

№№ п/п	Наименование детали	Материал детали	Источник информации
1	2	3	4
1	Блок цилиндров	Высокопрочный чугун ВЧ-42, феррито-перлитный чугун СЧ20, СЧ21, СЧ25	http://maestria.ru/korpus-dvigatelya
2	Головка блока цилиндров (ГБЦ)	Алюминиевый сплав $AlSi_8Cu_3$ и АК4М (серый чугун СЧ 15-32 и др. с присадками никеля, хрома, марганца и т. п. и алюминиевые сплавы типа АЛ5, АС9 и АК4).	http://maestria.ru/korpus-dvigatelya/materialyi-golovki-tsilindrov.html
3	Коленчатый вал	Высокопрочный чугун ВЧ-60-2 НВ-197-269 или сталь 45, 45А, 40Х, 20Г2 и 50Г	http://maestria.ru/shatunnyie-gruppyi-i-kolenchatyi-val/materialyi-dlya-shatunov.html

Продолжение таблицы 3.7

1	2	3	4
4	Распределительный вал	Малоуглеродистые стали 15X, 20X, 15H2M, 12XH3A и среднеуглеродистые стали 40, 45, 45X или высокопрочный чугун марки ЧВГ30	http://maestria.ru/mehanizm-gazoraspredeleniya
5	Гильзы	Кислотоупорный высоколегированный чугун с аустенитной структурой СЧ28-48 и СЧ35-36, или сталь 38ХМЮА.	http://maestria.ru/korpus-dvigatelya/materialyi-gilz-tsilindrov.html
6	Впускные клапаны	Сталь 40X и 40ХН	http://maestria.ru/mehanizm-gazoraspredeleniya
7	Направляющие втулки клапанов	Чугун серый	http://maestria.ru/mehanizm-gazoraspredeleniya
8	Клапанные пружины	Углеродистая и легированная сталь марок 30ХМА, 35ХМ, 40X, 45X	http://maestria.ru/mehanizm-gazoraspredeleniya
9	Выпускные клапаны	Хромокремнистомолибденовая жаропрочная сталь 40X10C2M или ЭИ107, жаростойкая сталь 5X20H4AG9 (ЭП303) или X14H14B и X14H14BC	http://maestria.ru/mehanizm-gazoraspredeleniya
10	Шатуны	Углеродистая или легированная сталь марок 30ХМА, 35ХМ, 40X, 45X	http://maestria.ru/shatunnyie-gruppyi-i-kolenchatyiy-val/materialyi-dlya-shatunov.html
11	Зубчатые колеса	Углеродистая сталь марок 35, 40, 50, 50Г и легированная сталь 45X	http://maestria.ru/materialyi-dlya-zubchatich-koles.html
12	Поршневые пальцы	Сталь 45	http://maestria.ru/shatunnyie-gruppyi-i-kolenchatyiy-val/materialyi-dlya-shatunov.html
13	Седла клапанов	Специальный чугун легированный	http://maestria.ru/mehanizm-gazoraspredeleniya
14	Поршень	Алюминиевый сплав АЛ1, АК2	http://maestria.ru/porshnevaya-gruppa/materialyi-dlya-porshney.html
15	Подшипники	Чугун марки СЧ 20	http://maestria.ru/materialyi-dlya-podshipnikov.html
16	Различные втулки блока цилиндров	Заэвтектоидные алюминиевые сплавы типа AlSi ₁₇ CuMg.	http://maestria.ru/korpus-dvigatelya

1	2	3	4
17	Втулка верхней головки шатуна	Сталебронзовая	http://maestria.ru/shatunnyie-gruppyi-i-kolencha-tyiy-val/materialyi-dlya-shatunov.html
18	Крышка ГБЦ	Алюминиевый сплав	http://maestria.ru/korpus-dvigatelya/materialyi-golovki-tsilindrov.html
19	Шпильки ГБЦ	Сталь 40Х	http://maestria.ru/korpus-dvigatelya/materialyi-golovki-tsilindrov.html

Характеристика стали 08 кп:

- заменитель – сталь 08 по ГОСТ 1050-88;
- классификация – сталь конструкционная углеродистая качественная;
- применение – для кузовов автомобилей «ВАЗ», прокладок, шайб, вилок, труб, а также деталей, подвергаемых химико-термической обработке: втулок, проушин, тяг и т.д.

– химический состав, %: углерод С – 0,05; кремний Si – до 0,03; марганец Mn – 0,25-0,5; никель Ni – до 0,25; сера S – до 0,04; фосфор P – до 0,35; хром Cr – до 0,1; медь Cu – до 0,25; мышьяк As – до 0,08;

- твердость (калиброванного нагартованного) – НВ 10^{-1} = 179 МПа;
- твердость (горячекатанного отожженного) – НВ 10^{-1} = 131 МПа;
- свариваемость – без ограничения;
- флокеночувствительность – не чувствительна.

Характеристика стали Ст. 45Х:

– химический состав, %: углерод С – 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;

- 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 (ГОСТ 4543 – 71) – $HV 10^{-1} = 229$ МПа;

– способы сварки – ручная дуговая, контактно-точечная сварка.

Подготовка образцов к эксперименту заключалась в следующем [56, 186, 187, 268, 309]: удаление заусенцев, первичных продуктов коррозии и окалина механическим воздействием; маркировка образцов; обезжиривание поверхности образцов раствором венской извести; промывка образцов холодной водой; сушка образцов между листами фильтровальной бумаги; взвешивание на аналитических весах ВЛА-200 г-М с точностью до 0,00005 г.

Образцы зачищали от окалина, загрязнений и первичных продуктов коррозии в специальных растворах, обезжиривали, используя ацетон, затем выдерживали в течение 30 мин в эксикаторе с силикагелем, штангенциркулем с нониусом деления 0,1 мм измеряли размеры образцов.

Загрязнение наносили с помощью кисточки на одну сторону образца, определяли общую массу, из 5 образцов готовили пакеты, размещали их в лабораторную моечную установку и промывали в течение времени согласно программе и методике эксперимента. По истечении времени мойки образцы вынимали из установки, высушивали при комнатной температуре и взвешивали на аналитических весах, определяли массу оставшейся грязи и вычисляли степень очистки в %. Испытанные образцы оставляли в атмосфере помещения участка ТО и ремонта и визуальным осмотром определяли продолжительность времени до появления на их поверхности первых очагов коррозии.

Определяли относительную погрешность измерений ширины образцов $\frac{0,1}{30} \cdot 100\% = 0,33\%$ и длины $\frac{0,1}{100} \cdot 100\% = 0,1\%$.

Затем образцы взвешивали на аналитических весах ВЛА-200 г-М.

Определяли относительную погрешность взвешивания для образцов из

стали Ст. 45Х по ГОСТ 1055-88: $\frac{0,0005}{42} \cdot 100\% = 0,01\%$ и для образцов из стали 08 кп: $\frac{0,0005}{21} \cdot 100\% = 0,02\%$, где 42 и 21 – средние значения массы образцов из соответствующих материалов, определенные с учетом удельной массы исследуемых марок стали.

Коррозионные потери металла определяли весовым методом по убыли массы образцов в процессе эксперимента и выражали в $\text{г/м}^2 \cdot \text{год}$:

$$K = \frac{M_1 - M_2}{P \cdot T} \times 10000 \times 8760, \quad (3.24)$$

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

P – площадь образца, см^2 ;

T – продолжительность выдержки образцов в электролите, ч.

10000 – коэффициент перевода квадратного метра в квадратные сантиметры;

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

Площадь образцов определяется по формуле:

$$P = 2[(a + b)b + ac] - \frac{\pi d^2}{2} + \pi dc. \quad (3.25)$$

После подстановки выражения (3.27) в (3.26) получим:

$$K = \frac{M_1 - M_2}{2[ab + (a + b)c] - \frac{\pi d^2}{2} + \pi dc} \times \frac{10000 \times 8760}{T}, \quad (3.26)$$

где c, T, d – постоянные значения в каждой серии экспериментов.

- T – продолжительность экспозиции – 45 часов;
- температура комнатная ($20-22^\circ\text{C}$), без термостатирования;
- емкость химических стаканов – 800 мл;
- объем электролита в стаканах – 700 мл.

Результаты измерений, взвешиваний и расчетов заносили в специальную таблицу 3.8. По выражению (3.26) составлена программа для расчетов.

Таблица 3.8 – Форма записи

№.№образцов	Размеры образцов, мм			Площадь поверхности, (П), см ²	Масса, г			Потеря массы, (K), г/м ² ·год
	ширина (a)	длина (b)	толщина (c)		до эксперимента		после эксперимента	
					без покрытия (M ₀)	с покрытием (M ₁)	с покрытием (M ₂)	
01								
02								
...								
n								

3.4 Обоснование выбора состава моющего раствора для улучшения его моющих и ингибиторных свойств

В главе 2 приведены способы улучшения физико-химических свойств моющих растворов и доказано преимущество их ингибирования. Такие результаты изложены в ряде публикаций [13, 21, 22, 116, 120, 154, 155, 156, 160, 198]. Так, в работах [94, 180, 222, 223, 284, 286, 287, 288, 289, 290, 301, 302, 303] показана возможность применения соединений бора в качестве добавок для улучшения моющих свойств водных растворов. Однако в них нет сведений о применяемых СМС.

Предварительно были изучены сведения о боре и его соединениях [304].

Анализируя вышеизложенное, для исследования в качестве добавок в растворы СМС выбираем следующие соединения бора: МБЛ, МБН, МБК.

Варианты исследования представлены в таблице 3.9. При этом моющий раствор будет содержать концентрацию СМС в пределах 30 г/л (3%), а концентрацию добавок необходимо установить предварительными экспериментами.

Оценку эффективности добавок (см. таблицу 3.6) в растворы СМС следует проводить по результатам экспериментальных исследований, так как иных способов оценки нет.

В соответствии с поставленными задачами проведены экспериментальные исследования следующих СМС: Лабомида-203; МС-8; МЛ-51.

При проведении экспериментов должны соблюдаться ограничения и определенные условия, а именно:

- концентрация моющих средств в водном растворе, г/л – 30 (3%-й раствор);
- материал образцов – сталь Ст 45Х, сталь 08 кп;
- исследуемые добавки – соединения бора (таблица 3.9);
- температура растворов, °С – 85-90;
- метод измерения (наблюдение) – взвешивание на аналитических весах ВЛА – 200 г-М и визуально с использованием лупы двукратного увеличения.

Таблица 3.9 – Варианты исследований

№№ вариантов	3%-й раствор СМС	Наименование добавка концентрацией 5г/л
1	Лабомида-203	Без добавки боратов (контроль)
2		МБЛ
3		МБН
4		МБК
5	МС-8	Без добавки боратов (контроль)
6		МБЛ
7		МБН
8		МБК
9	МЛ-51	Без добавки боратов (контроль)
10		МБЛ
11		МБН
12		МБК

В ходе проведения экспериментов фиксировались интересующие нас параметры:

- степень очистки образцов от загрязнений, %;
- продолжительность времени до появления первых очагов коррозии на

поверхности образцов при комнатной температуре, суток;

Оценку эффективности исследованного ингибитора проводили по показателям, описанным в главе 2.

Оптимальную концентрацию боратных добавок в растворах СМС определяли по наибольшему смещению потенциала активации стали Ст 45Х в потенциостатическом режиме поляризации в сторону увеличения. В 3%-х растворах МЛ-51, Лабомида-203 и МС-8 стационарный потенциал стали без внешней поляризации со временем разблагораживается и через 30 мин становится равным (–0,12 В); (–0,10 В); (–0,06 В) соответственно.

Введение МБЛ, МБН и МБК в растворы СМС по отдельности облагораживает потенциал стали и при концентрации боратов 5 г/л его значение равно:

- в растворе МЛ-51 + МБЛ – (–0,06 В);
- в растворе МЛ-51 + МБН – (–0,05 В);
- в растворе МЛ-51 + МБК – (–0,04 В);
- в растворе Лабомида-203 + МБЛ – (–0,05 В);
- в растворе Лабомида-203 + МБН – (–0,04 В);
- в растворе Лабомида-203 + МБК – (–0,03 В);
- в растворе МС-8 + МБЛ – (–0,03 В);
- в растворе МС-8 + МБН – (–0,02 В);
- в растворе МС-8 + МБК – (–0,01 В).

Как показали результаты наших исследований (глава 5), дальнейшее повышение концентрации боратов не приводит к существенному изменению стационарного потенциала экспериментального образца. В связи с этим последующие исследования ингибиторных свойств боратов в растворах СМС проводили при концентрации боратов 5 г/л (0,5%). Результаты исследования по разработанной методике представлены в главе 5.

Оценочным показателем принимали продолжительность времени до появления на поверхности образцов первых очагов коррозии в условиях

атмосферы участка ТО и ремонта автомобилей. Образцы, собранные в пакеты по 5 штук, развешивали на высоте 1,1 м от пола, помещение участка подвергалось вентиляции при «малом режиме». Наблюдения проводили визуально с помощью увеличительной лупы. Осмотр проводили один раз в сутки. Фиксировали продолжительность времени до появления первых очагов коррозии на поверхности образцов.

Условия атмосферы участка ТО и ремонта автомобилей:

- относительная влажность воздуха – 65-75% (выше критического значения относительной влажности воздуха (64%) начала активации металла);
- освещение – дневное или электрическое (образцы закрывали от прямого воздействия солнечных лучей);
- температура воздуха – комнатная (18-20°C).

3.5 Методика исследования влияния ингибиторов на коррозионно-усталостную прочность стали

Одним из методов защиты металлов от коррозионной усталости является ингибирование коррозионной среды [183, 184, 275, 278, 298, 302].

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

Симметрично изгибая с частотой 500 цикл/мин создавали циклические напряжения в образцах. Для этого использовали оригинальную установку для коррозионно-усталостных испытаний по аналогу в [205, 216] (рисунок 3.4).

С помощью кривошипно-шатунного механизма $C-D$ вращательное движение маховика 7, насаженного на ось электромотора B (тип УМТ–22 или МУН–2, 100 Вт, 220 В, 0,9 А, 1000 об/мин, 50 Гц, $\cos \varphi$ 0,66, ТУ 16–513–027–66), преобразуется в возвратно-поступательное движение

ползуна 3, движение которого направляется втулкой 4, вмонтированной в стойку 13. Незакрепленная часть ползуна имеет резьбу, на которую навинчены кольца 2 с резиновыми прокладками, между кольцами располагается незакрепленный конец образца 8. Расстояние между прокладками равно 4 мм. Изгиб образца осуществляется с помощью колец. Амплитуда колебания задается путем перемещения кривошипа на необходимое расстояние вдоль измерительной шкалы 6 винтом 5. Одновременно кольца 2 на то же расстояние перемещаются вдоль винтовой нарезки ползуна.

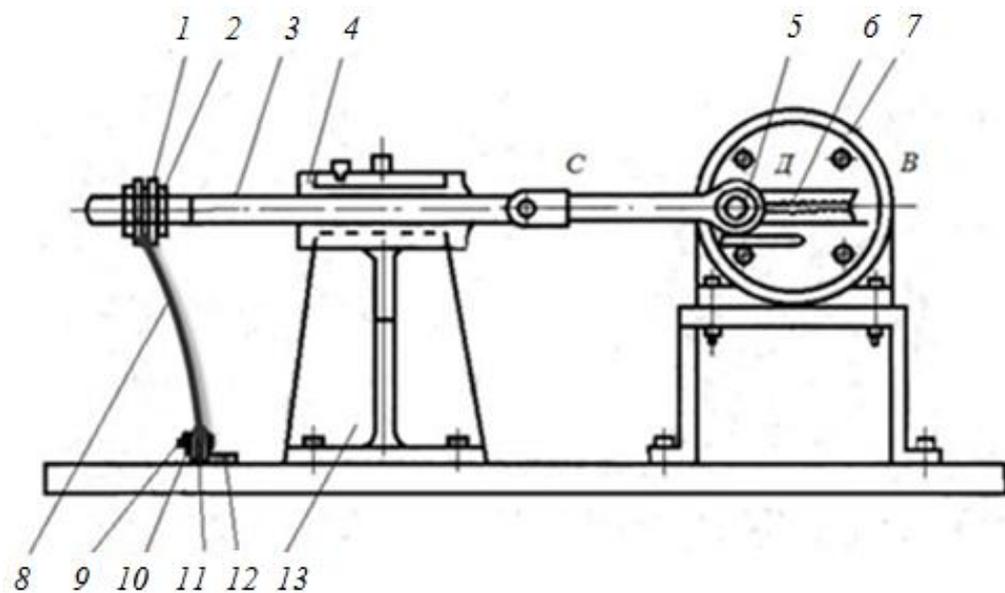


Рисунок 3.4 – Схема установки для испытания образцов на коррозионную усталость: 1 – резиновая прокладка; 2 – кольцо; 3 – ползун; 4 – втулка; 5 – винт; 6 – измерительная шкала; 7 – маховик; 8 – испытуемый образец; 9 – болт; 10 – гайка; 11 – планка; 12 – угольник; 13 – стойка

Образец, помещенный в специальном сосуде из органического стекла, крепится в машине с помощью угольника 12, планки 11, гайки 10 и винта 9.

Определение нагрузки при изгибе и напряжения в металле в ходе эксперимента определяются по известным формулам.

Внутреннее напряжение металла пересчитывали по формуле [253]:

$$\sigma = \pm \frac{3Ehf}{2l^2}, \quad (3.27)$$

где E – модуль упругости испытуемого материала;

h – толщина образца, мм;

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

l – рабочая длина образца, мм.

Образцы размерами 120×10 мм изготавливались из одного листа толщиной 1 или 2 мм вдоль прокатки, что обеспечивало идентичность состава материала всех образцов. Их поверхности шлифовали наждачной бумагой различной зернистости. Первое шлифование проводили продольно бумагой крупной зернистости, второе – поперек, затем продольно и т.д., постепенно уменьшая зернистость бумаги. Последнее шлифование проводили продольно наждачной бумагой мелкой зернистости, после чего образцы промывали в дистиллированной воде, высушивали фильтровальной бумагой, обезжировали спиртом или ацетоном и выдерживали в эксикаторе над прокаленным хлоридом кальция не менее 18-20 часов.

Нерабочая поверхность образцов и места контакта с захватами машин и приспособлений, создающими напряжения, изолируют инертными лаками типа БФ. Рабочая поверхность образцов во всех опытах должна быть примерно одинаковой (около 2 см²).

Раствор заливают в рабочий сосуд, изготовленный из органического стекла, с таким расчетом, чтобы уровень жидкости был выше верхней границы рабочей части образца на 2-2,5 см. Объем раствора не менее 200-250 мл, раствор периодически меняют, чтобы его рН в ходе коррозионно-усталостных испытаний практически не изменялся.

Для изучения эффективности действия ингибиторов на коррозионно-усталостную прочность металлов необходимо снять кривые длительной циклической прочности металла (рисунок 3.5) 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).

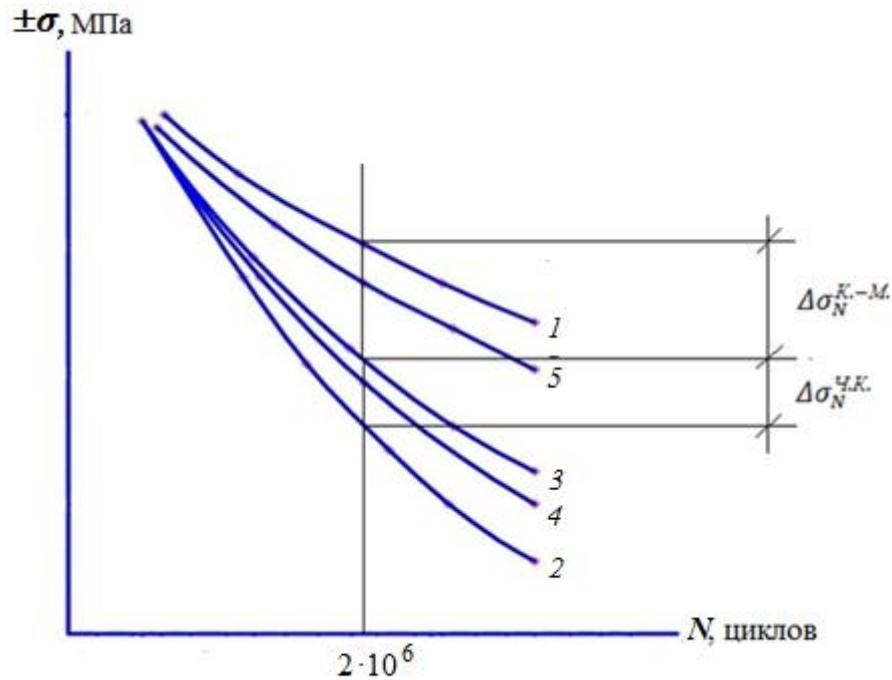


Рисунок 3.5 – Кривые длительной циклической прочности металла

На основании экспериментальных данных вычисляли значения σ_N^K – напряжения, при которых образцы разрушаются в коррозионной среде при базовом числе циклов N до разрушения испытуемых в различных средах.

Сравнивая значения σ_N^K и N в коррозионной среде с ингибитором и без него, определяли эффективность действия ингибитора на коррозионно-усталостную прочность стали.

На снижение циклической прочности металла влияют коррозионные и коррозионно-механические разрушения, которое на базе N определяется по формуле:

$$\Delta\sigma_N^{С.К.} = \Delta\sigma_N^{Ч.К.} + \Delta\sigma_N^{К.-М.}, \quad (3.28)$$

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.

3.6 Методика электрохимических исследований коррозии металлов

Для коррозионно-электрохимических исследований подготавливали образцы в виде прямоугольных пластин по аналогии описания в параграфе 3.5. Площадь поверхности образца определялась, исходя из его габаритных размеров, которые измеряли с помощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм. При коррозионных испытаниях образцы маркируются. Маркировка бывает прямая (выбиваются цифры или буквы путем штамповки по шаблону) или косвенная (нумерация сосудов, в которых проводятся испытания) [56]. Результаты маркировки регистрируются в рабочем журнале.

Одним из наиболее важных факторов, влияющих на результаты коррозионных испытаний, 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 тонкоизмельченными абразивными материалами (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 и др.).

После промывки в воде образцы обезжиривали ацетоном, используя фильтровальную бумагу. Затем ополаскивали в дистиллированной воде (в случае электрохимических измерений).

Перед взвешиванием образцы высушивались с помощью фильтровальной бумаги и в течение суток выдерживались в эксикаторе над безводным хлоридом кальция. Иногда высушивание образцов после промывки осуществляли на воздухе, предварительно протерев их ацетоном.

Одновременно исследования проводили на 3 или 5 образцах. Уровень коррозионного раствора устанавливали исходя из размеров образцов. Необходимый уровень коррозионного раствора поддерживалась в течение всего эксперимента. Для того, чтобы исключить истощение раствора компонентами коррозионной среды, а также влияние продуктов коррозии, ускоряющих или замедляющих развитие коррозионного процесса, объем раствора должен быть

достаточно большим.

Расчет минимального объема коррозионного раствора производили из условия 20-40 мл на 1 см² поверхности образца. Экспериментальный образец погружали в раствор на глубину не менее 2 см от поверхности раствора.

Разные по химическому составу образцы нельзя испытывать в одной емкости, так как продукты коррозии одних образцов могут взаимодействовать с другими и искажать результаты испытаний. В одной емкости испытывали 3-5 образцов одной партии. При проведении испытаний образцы подвешивали на стеклянных крючках. Продолжительность испытаний определялась программой исследований.

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.

Наряду со стационарными потенциалами, большой интерес представляют изменения потенциала в начале эксперимента, ибо в основном они характеризуют процесс образования на поверхности металла защитных пленок. Наиболее ценны данные измерения потенциала во времени (по сравнению с отдельными значениями потенциала).

Наиболее типичные факторы, определяющих изменение электродного потенциала корродирующего металла во времени [202, 308, 327]:

– первоначальное разблагораживание (изменение потенциала в отрицательную сторону) можно объяснить тем, что электролит заполняет поры в защитной пленке, что увеличивает площадь соприкосновения металла с раствором. Затем происходит облагораживание (изменение потенциала в положительную сторону), которое объясняется тем, что на поверхности металла образуются продукты коррозии, которые закрывают поры, следовательно, защищают поверхность металла от воздействия раствора. В последствии

защитная пленка разрушается или в ней образуются новые поры, что приводит к последующему разблагораживанию потенциала во времени;

– постепенное снижение значения потенциала со временем может объясняться тем, что количество деполяризатора в растворе со временем уменьшается или его транспортировка к микроэлектродам тормозится.

– иногда потенциал может устанавливаться достаточно быстро и стабилизироваться, что происходит при коррозии металлов в кислотах или в их растворах и подтверждает стабильную скорость коррозии. Облагораживание потенциала после некоторых колебаний в положительную и отрицательную сторону показывает усиление защитной пленки под воздействием кислорода или вследствие появления пленок из продуктов коррозии.

– в некоторых случаях облагораживание потенциала происходит за счет выделения на поверхность металла атомов компонентов сплава, имеющих большее значение потенциала, некоторые из которых могут перейти в раствор [188].

При наличии в среде органических ингибиторов расшифровать действие множества факторов чрезвычайно трудно, порой невозможно. В этом случае изменение потенциала может происходить из-за физической или химической адсорбции, образования фазовых пленок, комплексных соединений или вследствие одновременного влияния этих факторов. Аналогичные сложные изменения потенциала во времени могут наблюдаться при исследовании потенциала металла, покрытого искусственной оксидной пленкой или любым другим защитным покрытием.

В связи с тем, что изменение потенциала идет особенно интенсивно в течение первых трех минут после погружения образца в раствор, рекомендуется производить замеры вначале чаще, например, через 3 с; 1 мин; 5 мин; 20 мин; 30 мин; 1 час; 2 час; 5 час; 10 час; 25 час; 50 час; 100 час. Измерения проводят с перемешиванием и без перемешивания раствора (рисунок 3.6).

При измерении потенциала металла практически не играют роли форма и размеры образца. Важно предусмотреть изоляцию образца клеем (например, БФ) в

зоне ватерлинии (линия на границе раствора и атмосферы). Изоляция клеем ватерлинии позволяет избежать более активных коррозионных процессов на ватерлинии и обеспечить более достоверные результаты экспериментальных исследований.

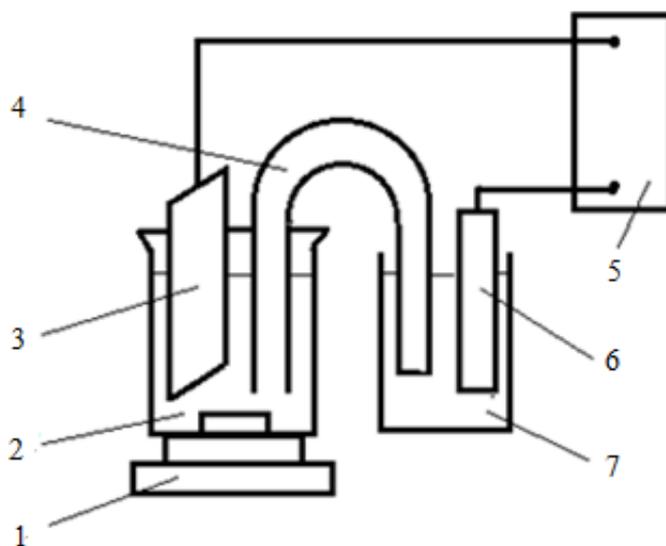


Рисунок 3.6 – Схема установки для измерения потенциалов:

- 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

Результаты исследования по описанной методике представлены в главе 5.

При исследовании необратимых явлений на аноде, в частности, при изучении анодной пассивности предпочтительнее потенциостатический метод снятия поляризационных кривых, при котором постоянным поддерживается потенциал электрода, а сила тока, изменяясь во времени, в конечном счете принимает некоторое установившееся значение.

Для снятия потенциостатических поляризационных кривых применяют специальные приборы – потенциостаты. Описание принципа работы потенциостата приведено в [282]. Схема подключения электрохимической ячейки представлена на рисунке 3.7.

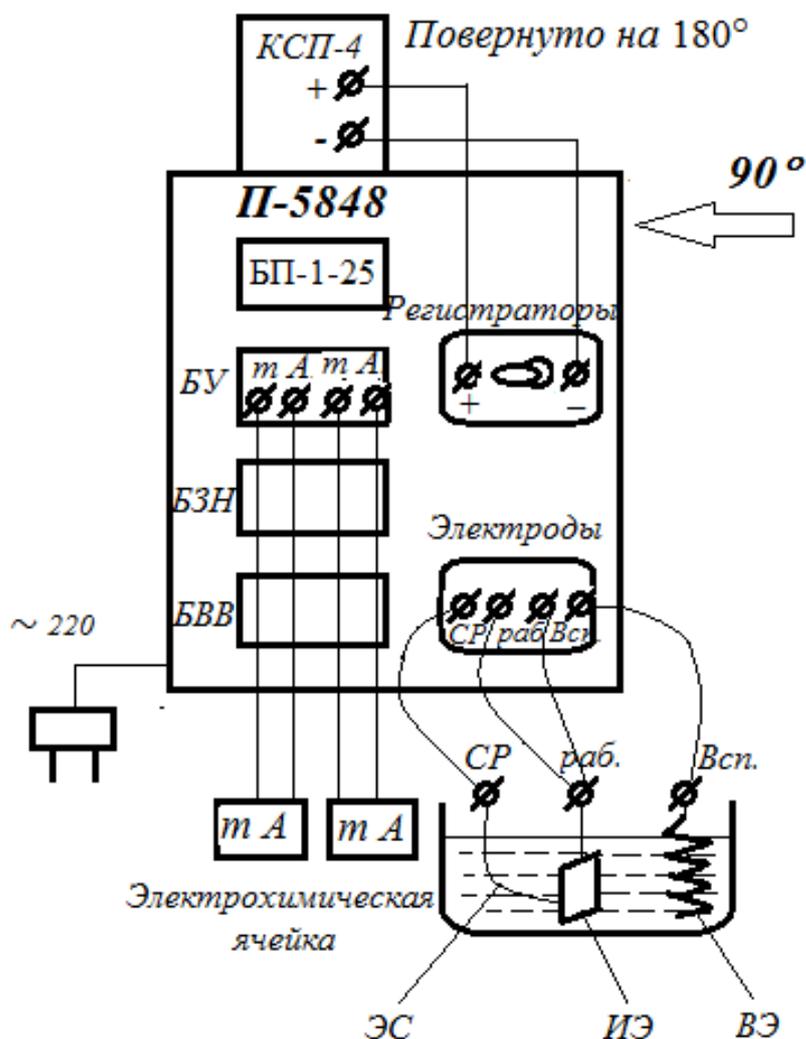


Рисунок 3.7 – Схема подключения потенциостата П-5848

В ходе эксперимента потенциостатическим методом полученные данные обрабатывались и нами получены поляризационные кривые при прямом и обратном ходе замеров. Полученные результаты представлены графически в координатах « $\varphi - i$ » (потенциал – плотность тока). Анализируя графики, оценивали важные характеристики анодного и катодного поведения металла: потенциал пассивации, критический ток пассивации, потенциал активирования – при обратном ходе снятия поляризационной кривой, силу тока в пассивной и активной области кривой, потенциалы начала выделения кислорода, водорода и перенапряжение выделения водорода.

На рисунке 3.8 приведен вид наиболее типичных анодных поляризационных кривых для стали.

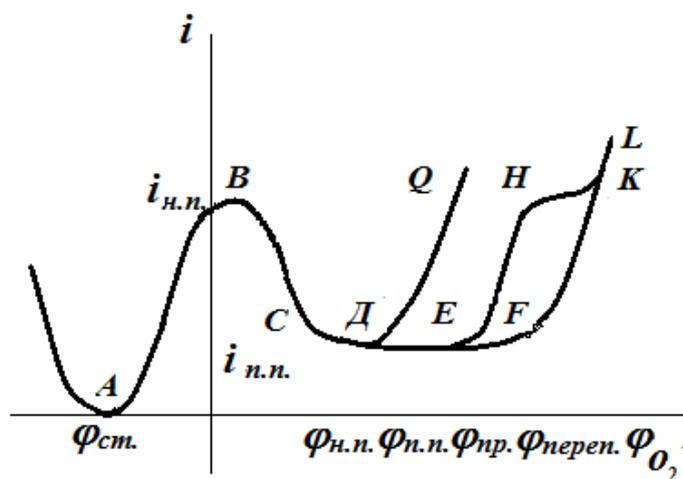


Рисунок 3.8 – Типичная анодная поляризационная кривая стали:

AB – область растворения в активном состоянии; *BC* – область пассивации;
CDEF – область полной пассивации; *DQ* – область точечной коррозии;
EH – область перепассивации; *FKL* – область разряда *ОН*-ионов с выделением кислорода; $\varphi_{ст.}$ – стационарный потенциал; $\varphi_{н.п.}$ и $i_{н.п.}$ – потенциал и плотность тока начала пассивации; $\varphi_{н.п.}$ и $i_{н.п.}$ – потенциал (Фладепотенциал) и плотность тока полной пассивации; $\varphi_{пр.}$ – потенциал пробивания пассивной пленки; $\varphi_{переп.}$ – потенциал начала перепассивации; φ_{O_2} – потенциал начала реакции образования кислорода из *ОН*-ионов

Последовательность проведения экспериментальных исследований по снятию потенциостатических поляризационных кривых при измерении потенциала рабочего электрода по линейному закону (с разверткой φ) была следующей:

1. Установка на потенциостате П-5848 начального напряжения рабочего электрода. Для этого установили переключатели «Множ. скор., mv/sv », и «Амплитуда, V » блока БЗН в положения, соответствующие выбранной скорости развертки. Скорость напряжения развертки (C_v , $mB/сек$) равна произведению величин, установленных на переключателях «Множ. скор., mv/sv » (M), и «Амплитуда, V » (U), т.е. $C_v = M \cdot U$.

Пример. Положение переключателя «Множ. скор., mv/sv », и «Амплитуда, V » соответствуют показателям 0,5 и 2,0. Тогда скорость развертки напряжения

оценивается величиной $C_v = 0,5 \text{ mv/sv} \times 2,0V = 1,0 \text{ mv/c}$.

2. Подача напряжения на ячейку, для чего переключатели «Род работы» на блоке БУ установили в положение «Потенциал» и «Ячейка вкл.»

3. Включение развертки, для чего тумблер «Уст. – 0 – Работа» установили в положение «Работа», тумблер «+0–» установили в требуемое положение (положения «+» и «–» указывают соответственно на повышение и понижение потенциала рабочего электрода), а тумблер «Подъем – Сброс» в положение «Подъем». При этом измерительный прибор блока БЗН будет показывать текущее значение напряжения развертки.

Потенциал рабочего электрода можно измерять высокоомным вольтметром (блок БВВ-1, переключатель в положение « $U_{\text{раб.}}$ ») или электронным потенциометром КСП-4.

Отключение развертки после эксперимента производили в следующей последовательности:

- на блоке БЗН тумблер «+0–» установили в положение «0»;
- выключили миллиамперметры и высокоомный вольтметр;
- установили переключатель «Род работы» в положение «Ячейка откл.», тумблер «Подъем – Сброс» в положение «Сброс».

При прямом ходе устанавливали постоянство потенциала на электроде, а силу тока постепенно увеличивали или уменьшали. В обратном ходе при фиксированном значении силы тока постепенно увеличивали или уменьшали потенциал. Настройку аппаратуры и выполнение экспериментальных замеров проводили при строгом соблюдении правил техники безопасности, охраны труда и в полном соответствии с инструкцией по эксплуатации потенциостата П-5848, описанной в [282].

Результаты исследований по изложенной методике представлены в главе 5.

3.7 Выводы по главе 3

1. Параметрами технологического процесса мойки являются продолжительность, температура и состав моющего раствора по включенным

компонентам и их концентрации. Для разработки оптимального технологического процесса мойки следовало бы провести многофакторный эксперимент, при котором одновременно варьировались бы все действующие факторы. Однако последний параметр является в свою очередь многофакторным, что резко затрудняет постановку подобного эксперимента. В связи с этим было принято решение первоначально определить оптимальный состав моющего раствора при фиксированных технологических параметрах процесса: температуре (85°C) и продолжительности (5 мин).

2. Учитывая сложность поставленной задачи, для определения оптимального состава моющих растворов первоначально исследовалась оптимальная концентрация СМС и активизирующих добавок в водных растворах, а затем определялся оптимальный состав моющих растворов. Рассматривались моющие растворы на основе СМС со специальными добавками в различных соотношениях.

3. Для проведения исследований была составлена матрица планирования полного факторного эксперимента с двумя факторами, где было предусмотрено одновременное изменение концентрации СМС и концентрации добавки. Результаты опытов (в нашем случае моющая способность растворов) выражались степенью очистки образцов от модельного загрязнения. Зависимость между параметром оптимизации процесса мойки и факторами (функция отклика) рассматривалась в виде полинома первой степени. Двухфакторный эксперимент был повторен девять раз. В каждом из вариантов эксперимента рассматривалось влияние МБЛ, МБН, МБК на моющие свойства растворов Лабомида-203, МС-8 и МЛ-51. Методика исследования по всем вариантам была идентичной.

4. Испытания проводились на оригинальной лабораторной моечной установке, изготовленного в лабораторных условиях. При определении моющей способности раствора в качестве опытного образца использовали стальную шлифованную с одной стороны пластину размером 150 × 70 × 2 мм. Порядок работ по исследованию моющего свойства раствора был следующим:

удаление первичных продуктов коррозии и окалины; обезжиривание поверхности образцов с одной стороны венской известью, промывка холодной водой и просушка между листами фильтровальной бумаги; трехкратное измерение размеров образцов; взвешивание образцов; нанесение на обезжиренную поверхность образцов модельного загрязнения в количестве 0,1 г равномерным слоем с одной стороны образца; взвешивание образцов с загрязнением после 30 минутной выдержки образцов на воздухе; помещение образцов в моечную установку; заполнение ванны моечной установки водой, подогрев до температуры 85-90°C и постепенное добавление моющего средства; определение моющей способности каждого раствора весовым методом при продолжительности процесса мойки 5 мин.

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

6. При исследовании влияния ингибиторов на коррозионно-усталостную прочность стали в качестве критериев для количественного выражения коррозии металлов при одновременном действии циклических напряжений приняты коэффициент запаса циклической прочности на выбранной базе испытаний и циклическая долговечность при заданном напряжении (N – число циклов до разрушения) конструкционных материалов в коррозионных средах. Симметрично изгибая с частотой 300 цикл/мин создавали циклические напряжения в образцах. Для этого использовали оригинальную установку для коррозионно-усталостных испытаний.

7. В ходе эксперимента снимались кривые длительной циклической прочности металла в коррозионной среде без ингибитора и в присутствии ингибитора, в коррозионно-инертной среде после выдержки в коррозионной

среде без ингибитора, в коррозионно-инертной среде после выдержки в коррозионной среде с ингибитором. На основании экспериментальных данных вычислялись значения напряжения, при которых образцы разрушаются в различных средах при базовом числе циклов. Эффективность действия ингибитора на коррозионно-усталостную прочность стали определяли путем сравнения значений указанных напряжений в коррозионной среде с ингибитором и без него.

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

ГЛАВА 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ СИНТЕТИЧЕСКИХ МОЮЩИХ СРЕДСТВ В МОЮЩИХ РАСТВОРАХ

В ходе экспериментов определялась степень очистки (%) от загрязнений и противокоррозионная стойкость (сутки) очищенной поверхности образцов из стали Ст45Х. На одну сторону образцов было нанесено искусственное загрязнение. Для определения противокоррозионной стойкости вымытые образцы выдерживались в атмосфере участка ТО и ремонта мобильной техники до появления на их поверхности первых очагов коррозии. В качестве моющих средств исследовали такие СМС, как Лабомид-203, МС-8 и МЛ-51.

Условия эксперимента:

- температура раствора – 85-90°С;
- концентрация СМС в растворе, % – (0,0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0);
- продолжительность мойки образцов в лабораторной моечной установке – 5 мин;
- количество образцов в каждом варианте – 5;
- загрязнение – искусственное.

Выходной результат

- степень очистки, %;
- противокоррозионная стойкость, сутки.

4.1 Определение оптимальной концентрации Лабомида-203 в водном растворе

Результаты экспериментов по определению оптимальной концентрации Лабомида-203 в водном растворе представлены в Приложении В (таблица В.2).

Изучены степень очистки и противокоррозионная стойкость образцов после мойки в растворе Лабомида-203 в зависимости от его концентрации в моющем растворе. Проведена также оценка корреляционной зависимости исследуемых параметров и регрессионный анализ результатов исследований. Для наглядности и лучшего восприятия при анализе результаты представлены в

виде графических изображений.

Статистическая обработка проведена методами математической статистики. В связи с возможным влиянием неучтенных факторов на результаты экспериментов необходимо проверить генеральную совокупность (или выборку) на резко отличающиеся данные.

Появление резко отличающихся от основного массива данных в процессе проведения исследований объясняется следующими причинами [2, 16]:

- ошибками при постановке эксперимента;
- нарушениями идентичности условий замера результатов;
- неправильным снятием показаний приборов;
- некачественной подготовкой опытного образца, а также неправильным его размещением в моечной установке при проведении опыта;
- несоблюдением условий и требований проведения опыта.

Отклонения от условий и требований проведения опыта часто не удается предотвратить. Это приводит к отклонению результатов измерений.

Эти обстоятельства необходимо тщательно контролировать и резко отличающиеся данные исключать из массива общих данных.

В ходе обработки результатов экспериментов оценивали нехарактерные данные (резко отличающиеся) по критерию Стьюдента. По результату оценки резко отличающиеся данные исключали (выбраковывали) из массива общих данных (результатов) крайних – максимального и минимального значения.

Статистическая обработка результатов экспериментов проведена в три этапа. На 1-м этапе проверялась принадлежность резко отличающихся результатов генеральной совокупности по критерию Стьюдента.

Для 1-го варианта – концентрация Лабомида-203 в технологическом растворе принята 0 %, и нами получены следующие результаты эксперимента (выходы):

8,48; 8,58; 9,02; 8,90; 8,62%.

Проведем ранжирование:

8,48; 8,58; 8,62; 8,90; 9,02%.

Для левого члена:

$$\tau_{лев} = \frac{y_2 - y_1}{y_5 - y_1} = \frac{8.58 - 8.48}{9.02 - 8.48} = \frac{0.1}{0.54} = 0,185 < \tau_{табл.} = 0,807;$$

$$\tau_{табл.(n=5, p=0.05)} = 0,807.$$

Левый член принадлежит ряду, т.к. $\tau_{лев} = 0,185 < \tau_{табл.} = 0,807$.

Для правого члена:

$$\tau_{прав} = \frac{y_n - y_{n-1}}{y_n - y_1} = \frac{9.02 - 8.90}{9.02 - 8.48} = \frac{0.22}{0.54} = 0,222 < \tau_{табл.} = 0,807.$$

Правый член также принадлежит ряду, т.к. $\tau_{прав} = 0,222 < \tau_{табл.} = 0,807$.

Все члены ряда принадлежат генеральной совокупности.

Вычислим статистические характеристики ряда: среднее значение ряда \bar{y} , дисперсию S^2 , среднеквадратическое отклонение S и коэффициент вариации ϑ . Для этого выполнены вспомогательные расчеты, которые представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Промежуточные расчеты

Значения выходов, y_i	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$
8,02	-0,5	0,25
8,48	-0,04	0,0016
8,58	0,06	0,0036
8,62	0,10	0,0100
8,90	0,38	0,1444
$\Sigma 42,6$	0	$\Sigma 0,4096$

Среднее значение:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{1}{5} \cdot 42,6 = 8,52\%;$$

– дисперсия:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1} = \frac{0,4096}{5-1} = 0,1024;$$

– стандартное отклонение:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = \sqrt{0,1024} = 0,32;$$

– коэффициент вариации:

$$\vartheta = \frac{S}{\bar{y}} \cdot 100\% = \frac{0,32}{8,52} \cdot 100\% = 3,756\%;$$

$$\vartheta = 3,756\% < 33\%,$$

значит, совокупность подчиняется закону нормального распределения.

Аналогичные расчеты выполнены и по всем вариантам исследования, т.е. при концентрации Лабомида-203 в моющем растворе 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 и 5,0, результаты которых представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Статистические характеристики результатов исследований при различных концентрациях Лабомида-203 в моющем растворе

№№ вариантов эксперимента	Концентрация Лабомида-203 в моющем растворе, x_i , %	Степень очистки, y_i , %		Проверка принадлежности и 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	0	8,02	8,52	$\tau_{лев.} = 0,185$ $\tau_{прав.} = 0,222$ $\tau_{табл.} = 0,807.$	8,52	0,10	0,32	3,75
		8,48						
		8,58						
		8,62						
		8,90						
2	1,0	29,00	28,14	$\tau_{лев.} = 0,504$ $\tau_{прав.} = 0,05$ $\tau_{табл.} = 0,807.$	28,1	1,55	1,25	4,40
		29,12						
		27,92						
		27,96						
		26,70						
3	2,0	66,05	66,80	$\tau_{лев.} = 0,06$ $\tau_{прав.} = 0,314$ $\tau_{табл.} = 0,807.$	66,8	0,37	0,09	14,0
		66,08						
		67,04						
		67,16						
		67,67						
4	3,0	80,60	81,45	$\tau_{лев.} = 0,312$ $\tau_{прав.} = 0,573$ $\tau_{табл.} = 0,807.$	81,4	0,03	0,18	6,02
		79,16						
		82,81						
		83,85						
		80,80						

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	4,0	81,04	82,35	$\tau_{лев.} = 0,248$ $\tau_{прав.} = 0,366$ $\tau_{табл.} = 0,807$	82,3	13,1	0,19	1,38
		82,86						
		83,23						
		81,85						
		82,80						
6	5,0	84,30	83,00	$\tau_{лев.} = 0,185$ $\tau_{прав.} = 0,014$ $\tau_{табл.} = 0,807$	83,0	0,08	1,04	5,33
		84,34						
		81,64						
		82,14						
		82,57						

2-й этап – установление формы связи между зависимыми и независимыми переменными. Здесь предусматривается выполнение корреляционного анализа связи между переменными, а также проведение регрессионного анализа для определения вида зависимости y (степень очистки) от x (концентрация).

Расчеты выполнены с помощью промежуточной таблицы 4.4.

Во всех случаях необходимо в первую очередь определить коэффициент линейной корреляции r :

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{274,84}{\sqrt{17,5 \cdot 5184,3}} = 0,912;$$

Коэффициент корреляции $r = 0,912$ подтверждает очень сильную тесноту связи между концентрацией Лабомиды-203 в моющем растворе и степенью очистки образцов (см. таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Теснота связи и величина коэффициента корреляции

Коэффициент корреляции, r	Теснота связи
$\pm(0,91 \dots 1,00)$	Очень сильная
$\pm(0,81 \dots 0,90)$	Весьма сильная
$\pm(0,65 \dots 0,80)$	Сильная
$\pm(0,45 \dots 0,64)$	Умеренная
$\pm(0,25 \dots 0,44)$	Слабая
До $\pm 0,25$	Очень слабая
Примечание: «+» – прямая зависимость; «-» – обратная зависимость	

Таблица 4.4 – Промежуточные расчеты

№№ Вариан- тов экспери- мента, п	Концентра- ция Лабомида- 203 в моющем растворе, %	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	0	8,52	0	0	-2,5	-49,86	6,25	2486,02	124,65
2	1	28,14	1	28,14	-1,5	-30,24	2,25	914,576	45,36
3	2	66,80	4	133,6	-0,5	8,42	0,25	70,89	-4,21
4	3	81,45	9	244,35	0,5	23,07	0,25	532,249	11,535
5	4	82,35	16	329,40	1,5	23,97	2,25	574,56	35,955
6	5	83,00	25	415,00	2,5	24,62	6,25	606,144	61,55
Σ	15	350,30	55	1150,49	0	0	17,5	5184,30	274,84

Далее определим:

– ошибку коэффициента корреляции S_r :

$$S_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{1-0,912^2}{6-2}} = 0,21;$$

– критерий Стьюдента:

$$t_r = \frac{r}{S_r} = \frac{0,912}{0,21} = 4,33;$$

Если табличное значение t – критерия $t_{\text{табл.}}(p = 0,05; \nu = n - 2) = 2,78$, то

$$t_r > t_{\text{табл.}}(p=0,05; \nu = n-2),$$

где $t_{\text{табл.}}(p = 0,05; \nu = n - 2)$ – табличное значение критерия Стьюдента принадлежности результатов экспериментов при $p = 0,05$ и числе степеней свободы $\nu = n - 2$, то принятая гипотеза существенна и состоятельна. Тогда можно приступить к третьему этапу анализа – к регрессионному анализу.

3-й этап – регрессионный анализ.

Принимаем уравнение регрессии по максимальному значению коэффициента достоверности. Окончательную оценку наиболее подходящей функции для описания графических зависимостей проводим, используя прикладную офисную программу *MS Excel 2010*.

На рисунке 4.1 представлена зависимость степени очистки образцов и смачиваемости от такого технологического параметра процесса мойки, как концентрация Лабомида-203 в моющем растворе при температуре 85-90°C и продолжительности мойки 5 минут. Анализируя рисунок 4.1 следует отметить, что при повышении концентрации Лабомида-203 в моющем растворе до 3% наблюдается увеличение степени очистки и смачиваемости до 81,45% и 28 секунд соответственно. Дальнейшее увеличение концентрации Лабомида-203 в моющем растворе более 3% не приводит к существенным изменениям результатов. Также отметим, что характеры изменения смачиваемости и степени очистки одинаковы, в связи с этим в дальнейшем смачиваемость в графическом виде представлять не будем, чтобы не загромождать рисунки.

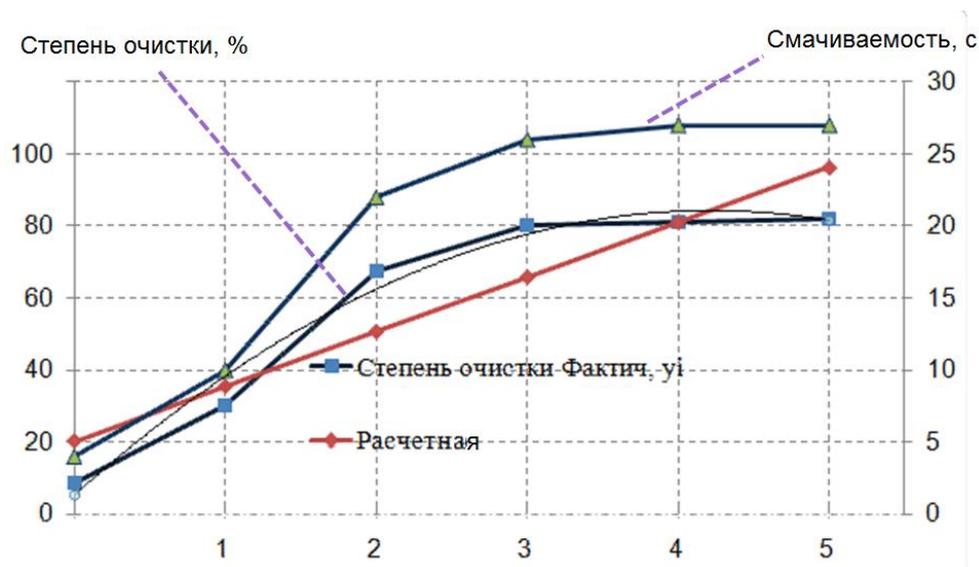


Рисунок 4.1 – График зависимости степени очистки образцов (y , %, левая шкала) и смачиваемости (правая шкала) от концентрации Лабомида-203 (x , %) в моющем растворе при температуре 85-90°C, продолжительности мойки 5 мин

На рисунке 4.1 график изменения степени очистки представлен в виде линейной и полиномиальной зависимости. Ниже нами обосновывается, какой вид зависимости более приемлем. Диалоговое окно для выбора наиболее подходящей функции для линии тренда представлено на рисунке 4.2.

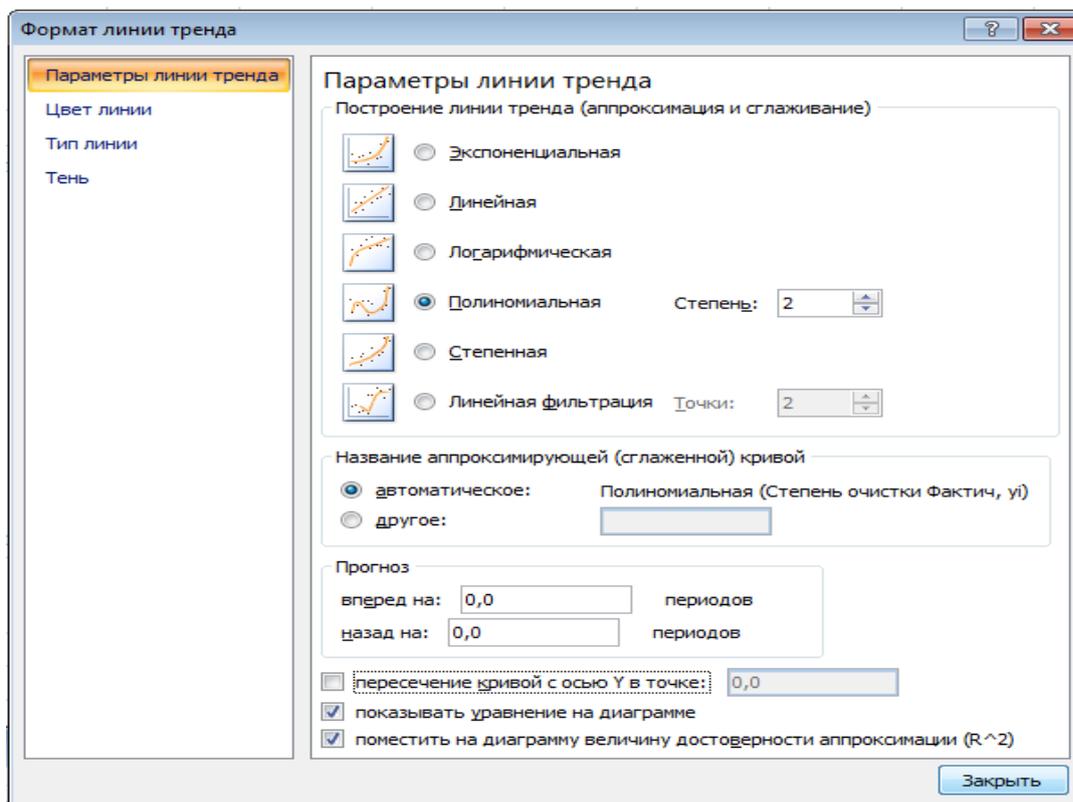


Рисунок 4.2 – Диалоговое окно для выбора линии тренда

При построении графиков на рисунках 4.1, 4.3 нами был предварительно исследован в прикладной программе *MS Excel в версии 2010* наиболее подходящий вариант линии тренда (аналог уравнения регрессии, рисунок 4.2).

Перебирая возможные варианты кривых: экспоненциальная, линейная, логарифмическая, полиномиальная, степенная и линейная фильтрация – мы пришли к выводу, что наиболее подходящей для наших результатов экспериментальных исследований является полиномиальная функция, которая представлена на рисунке 4.3, так как коэффициент достоверности при этом имеет максимальное значение, равное 0,9714.

При подборе линии тренда и уравнения регрессии в дальнейшем мы придерживались изложенного порядка выбора.

Графическое изображение влияния концентрации Лабомида-203 (x , %) в моющем растворе на степень очистки образцов (y , %) при температуре 85-90°C и продолжительности мойки 5 мин представлено на рисунке 4.3.

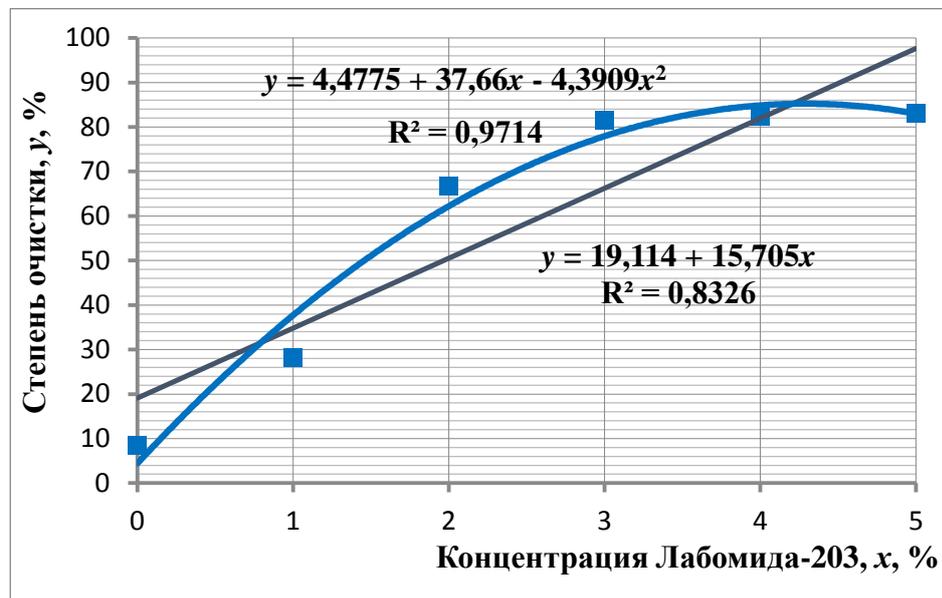


Рисунок 4.3 – Влияние концентрации Лабомида-203 (x , %) в моющем растворе на степень очистки образцов (y , %) при температуре 85-90°C и продолжительности мойки 5 мин

Одновременно на рисунке 4.3 представлена и линейная зависимость, но мы считаем, что она не совсем подходит для нашего случая, так как

коэффициент достоверности при этом, равный 0,8326, имеет значительно меньшее значение, чем коэффициент достоверности при полиномиальной зависимости.

Анализ графика на рисунке 4.3 показывает, что при повышении концентрации Лабомида-203 в моющем растворе до 3% приводит к существенному увеличению степени очистки образцов. Дальнейшее увеличение концентрации Лабомида-203 в моющем растворе к заметному увеличению степени очистки образцов не приводит, поэтому из экономических соображений концентрация Лабомида-203 в моющем растворе более 3% не рекомендуется, так как приводит к неоправданному перерасходу СМС.

Расчетные значения выходов по уравнению регрессии:

$$y = 4,4775 + 37,66x - 4,3909x^2$$

(с коэффициентом достоверности $R^2 = 0,9714$) в точках эксперимента представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Сводная таблица результатов исследования влияния концентрации Лабомида-203 (x , %) в моющем растворе на степень очистки образцов (y , %)

Концентрация Лабомида-203 в моющем растворе, x , %	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	$\sum_{i=1}^n x_i = 15$
Степень очистки, %:							
– фактическая, y_i	8,52	28,14	66,80	81,45	82,35	83,00	$\sum_{i=1}^n y_i = 350,30$
– расчетная по уравнению, \hat{y}_i	19,11	34,81	50,51	66,21	81,91	97,61	$\sum_{i=1}^n \hat{y}_i = 350,16$
Смачиваемость, с	5	11	24	28	28	29	

Расчетные выходы в сумме дают $\sum_{i=1}^n \hat{y}_i = 350,1$, а экспериментальные – $\sum_{i=1}^n y_i = 350,3$. Правильность расчетов проверяется их равенством:

$$\sum_{i=1}^n \hat{y}_i = \sum_{i=1}^n y_i;$$

$$350,1 \approx 350,3.$$

Относительное отклонение составит:

$$\varepsilon = \frac{350,3 - 350,16}{350,3} \cdot 100\% = 0,04\%.$$

Относительное отклонение находится в пределах допустимой ошибки вычислений.

Исходя из того, что в ремонтном производстве степень очистки определяется технологической необходимостью и не всегда требуется 100%-ая очистка поверхностей узлов, агрегатов и деталей [96, 97], оптимальная концентрация Лабомида-203 в моющем растворе определена из условия 80%-ой степени очистки и составит:

$$y = 4,4775 + 37,66x - 4,3909x^2;$$

$$80,0 = 4,4775 + 37,66x - 4,3909x^2;$$

$$x_{opt.} = 3,1\% \approx 3,0\%.$$

Исследование влияния концентрации Лабомида-203 в моющем растворе на коррозионную стойкость образцов из стали Ст 45Х проводили, используя методику, изложенную в разделе 3. Результаты приведены в таблице 4.6, из которой видно, что Лабомид-203 обладает незначительным ингибирующим действием в водном растворе на изделие из Ст45Х. Повышение концентрации Лабомида-203 к существенному увеличению ингибиторных свойств моющего раствора не приводит.

Таблица 4.6 – Результаты исследования влияния концентрации Лабомида-203 в моющем растворе на коррозионную стойкость образцов из стали Ст 45Х, в сутках

Концентрация Лабомида-203 в растворе, %	Продолжительность времени до появления первых очагов коррозии на поверхности образцов	
	по образцам	средняя по варианту
0 (контроль)	2; 2; 3; 2; 3	2,4
1	4; 4; 4; 4; 4	4,0
2	4; 5; 4; 5; 5	4,6
3	6; 6; 7; 7; 6	6,4
4	7; 7; 7; 8; 8	7,4
5	8; 8; 8; 8; 8	8,0

Наилучшая очистка и защита поверхности образцов обеспечивается при концентрации Лабомида-203 от 3 до 5%. В целях экономии СМС и в связи с несущественным отличием выходных параметров при этих концентрациях, что подтверждают результаты экспериментов (таблицы 4.5, 4.6), для последующих работ будем использовать 3%-ю концентрацию Лабомида-203 в моющих растворах.

4.2 Определение оптимальной концентрации МС-8 в водном растворе

Результаты исследования влияния концентрации МС-8 в моющем растворе на степень очистки образцов представлены в Приложении В (таблица В.3) и сводной таблице 4.7. Их статистическая обработка выполнена аналогично обработке результатов экспериментов по определению оптимальной концентрации Лабомида-203 в водном растворе (подглава 4.1).

Проведена также оценка корреляционной и регрессионной зависимостей степени очистки образцов (y , %) от концентрации МС-8 (x , %) в моющем растворе при температуре 85-90°C и продолжительности мойки 5 мин (рисунок 4.4).

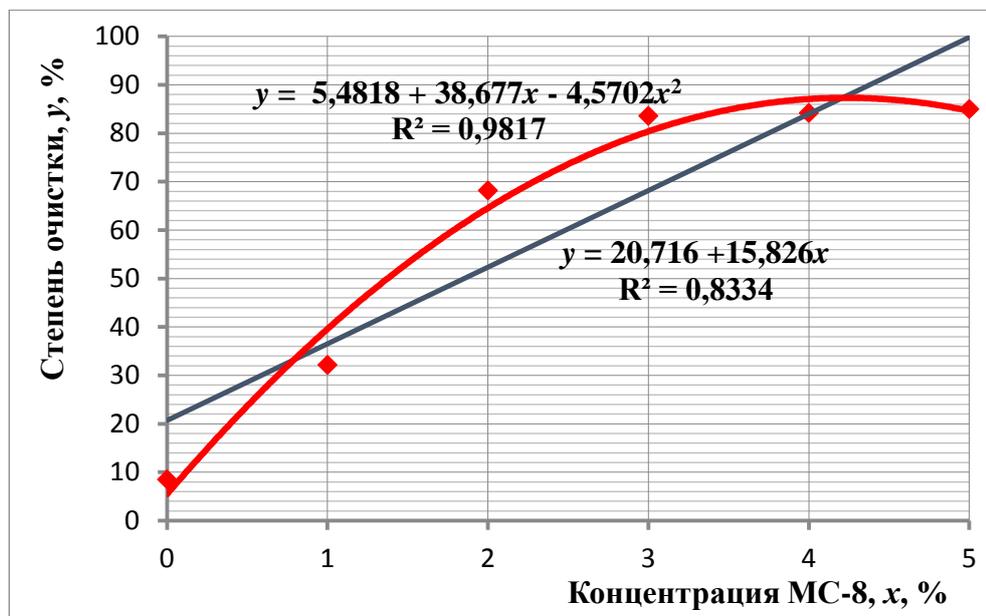


Рисунок 4.4 – Зависимость степени очистки образцов (y , %) от концентрации МС-8 (x , %) в моющем растворе при температуре 85-90°C и продолжительности мойки 5 мин

Анализ графика в виде полинома позволяет рекомендовать оптимальную концентрацию МС-8 (x , %) в моющем растворе в пределах 3-4%.

Расчетные значения выходов по уравнению регрессии:

$$y = 5,4818 + 38,677x - 4,5702x^2$$

при коэффициенте достоверности $R^2 = 0,9817$ приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Сводная таблица результатов исследования влияния концентрации МС-8 в моющем растворе на степень очистки образцов

Концентрация МС-8 в моющем растворе, x , %	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	$\sum_{i=1}^n x_i = 15$
Степень очистки, %:							
– фактическая, y_i	8,5	32,17	68,19	83,6	84,2	85,0	$\sum_{i=1}^n y_i = 361,66$
– расчетная по уравнению, \hat{y}_i	20,71	36,53	52,35	68,17	83,99	99,81	$\sum_{i=1}^n \hat{y}_i = 361,56$
Смачиваемость, с	5	11	24	28	28	29	

Примерное равенство сумм:

$$\sum_{i=1}^n y_i = 361,66 \approx \sum_{i=1}^n \hat{y}_i = 361,56$$

подтверждает правильность расчетов.

Относительное отклонение составит:

$$\varepsilon = \frac{361,66 - 361,56}{361,66} \cdot 100\% = 0,03\%.$$

Относительное отклонение находится в пределах допустимой ошибки вычислений.

Оптимальная концентрация при допустимой степени очистки 80,0% составит:

$$y = 5,4818 + 38,677x - 4,5702x^2$$

$$80,0 = 5,4818 + 38,677x - 4,5702x^2$$

откуда

$$x_{opt.} = 3,0\%.$$

Исследование коррозионной стойкости образцов из стали Ст45Х после мойки в растворе МС-8 проводили по методике исследования коррозионной

стойкости образцов после мойки в растворе Лабомида-203. Условия проведения исследований были идентичными.

В таблице 4.8 приведены результаты исследования коррозионной стойкости образцов из стали Ст45Х после мойки в растворах с различной концентрацией МС-8.

Таблица 4.8 – Результаты исследования влияния концентрации МС-8 в моющем растворе на коррозионную стойкость образцов из стали Ст 45Х, в сутках

Концентрация МС-8 в растворе, %	Продолжительность времени до появления первых очагов коррозии	
	по образцам	средняя по варианту
0 (контроль)	2; 2; 3; 2; 3	2,4
1	6; 6; 6; 5; 5	5,6
2	7; 7; 7; 8; 7	7,2
3	8; 9; 8; 8; 9	8,4
4	8; 9; 9; 9; 9	8,8
5	10; 10; 9; 10; 10	9,8

МС-8 в водном растворе обладает значительным ингибирующим действием на изделия из стали Ст45Х в сравнении с Лабомидом-203. Повышение концентрации МС-8 приводит к увеличению ингибиторных свойств моющего раствора.

Наилучшая очистка и защита поверхности образцов от коррозии обеспечивается при концентрации МС-8 от 3 до 5%. В целях экономии СМС и в связи с несущественным отличием выходных параметров при этих концентрациях, что подтверждают результаты экспериментов (таблицы 4.7, 4.8), в дальнейшем рассматривается 3%-я концентрация МС-8 в моющих растворах.

4.3 Определение оптимальной концентрации МЛ-51 в водном растворе

Аналогично исследованиям Лабомида-203 и МС-8 исследован состав МЛ-51. Условия проведения экспериментов были одинаковыми. Результаты

экспериментов по исследованию влияния концентрации МЛ-51 в моющем растворе на степень очистки образцов представлены в Приложении В (таблица В.4) и сводной таблице 4.9. Их статистическая обработка выполнена аналогично обработке результатов экспериментов по определению оптимальной концентрации Лабомида-203 в водном растворе (параграф 4.1).

Проведена также оценка корреляционной и регрессионной зависимости степени очистки образцов (y , %) от концентрации МЛ-51 (x , %) в моющем растворе при температуре 85-90°C и продолжительности мойки 5 мин с последующим графическим изображением, которое представлено на рисунке 4.5.

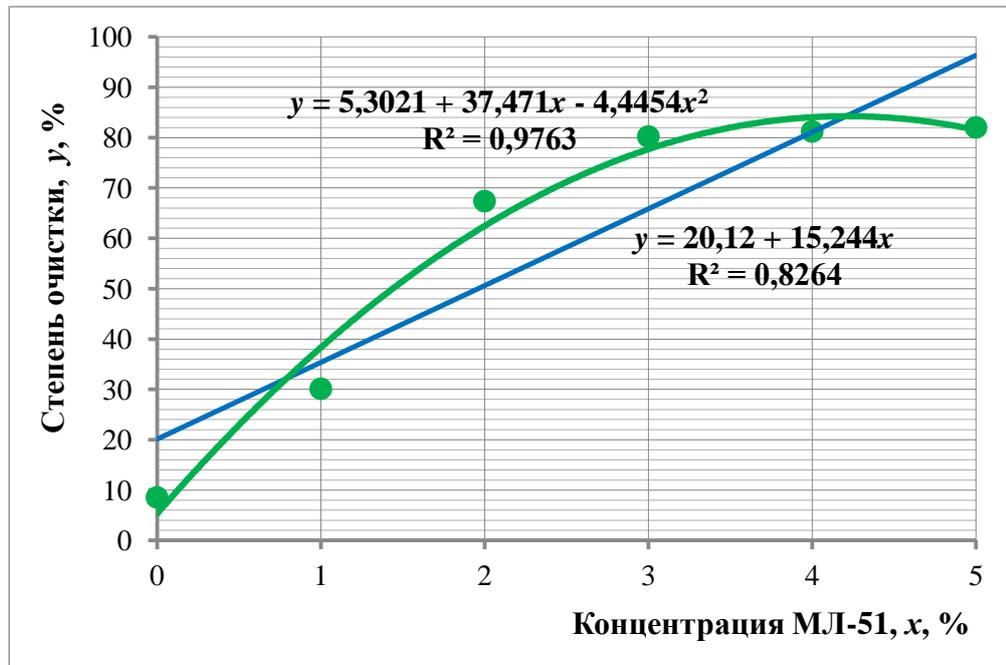


Рисунок 4.5 – График зависимости степени очистки образцов (y , %) от концентрации МЛ-51 (x , %) в моющем растворе при температуре 85-90°C и продолжительности мойки 5 мин

Анализ графика в виде полинома позволяет рекомендовать оптимальную концентрацию МЛ-51 (x , %) в моющем растворе в пределах 3-4%.

Расчетные выходы, выполненные по уравнению регрессии:

$$y = 5,3021 + 37,471x - 4,4454x^2$$

при коэффициенте достоверности $R^2 = 0,9763$, в сумме дают $\sum_{i=1}^n \hat{y}_i = 349,32$, а экспериментальные – $\sum_{i=1}^n y_i = 349,38$ (таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Сводная таблица результатов исследования влияния концентрации МЛ-51 в моющем растворе на степень очистки образцов

Концентрация МЛ-51 в моющем растворе, x_i , %	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	$\sum_{i=1}^n x_i = 15$
Степень очистки, %:							
– фактическая, y_i	8,52	30,1	67,36	80,2	81,2	82,00	$\sum_{i=1}^n y_i = 349,38$
– расчетная по уравнению, \hat{y}_i	20,12	35,36	50,6	65,84	81,08	96,32	$\sum_{i=1}^n \hat{y}_i = 349,32$
Смачиваемость, с	4	10	22	26	27	27	

Относительное отклонение составит:

$$\varepsilon = \frac{349,38 - 349,32}{349,38} \cdot 100 = 0,025\%.$$

Относительное отклонение находится в пределах допустимой ошибки вычислений.

Примерное равенство сумм:

$$\sum_{i=1}^n y_i = 349,38 \approx \sum_{i=1}^n \hat{y}_i = 349,32$$

позволяет сделать вывод о правильности расчетов.

Вычислим оптимальную концентрацию МЛ-51 ($x_{opt.}$) при допустимой степени очистки, равной 80,0%:

$$80,0 = 5,3021 + 37,471x - 4,4454x^2;$$

$$x_{opt.} = 3,2\%$$

Сводный график зависимости степени очистки образцов от концентрации СМС в моющем растворе при температуре 80-90°C и продолжительности мойки 5 минут приведен на рисунке 4.6.

Анализ рисунка 4.6 показывает идентичность результатов для всех рассмотренных СМС.

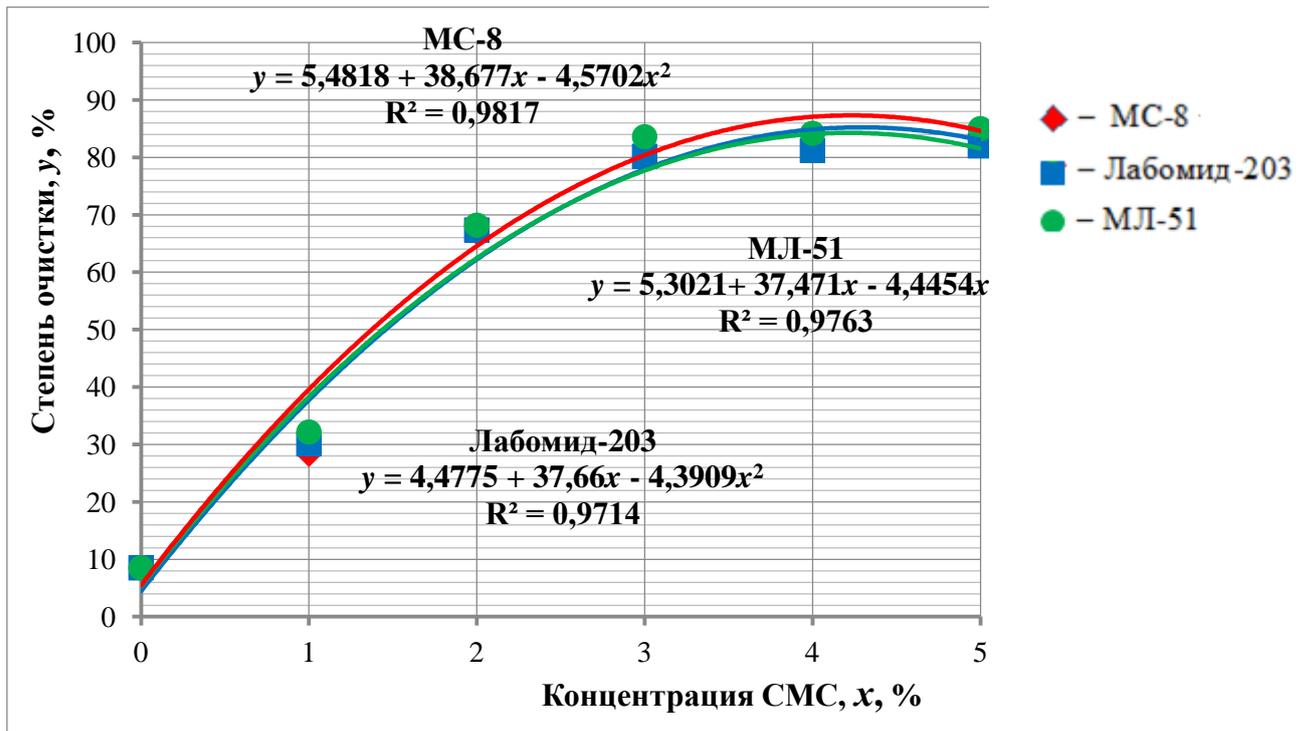


Рисунок 4.6 – Зависимость степени очистки образцов (y, %) от концентрации СМС (x, %) в моющем растворе при температуре 85-90°C и продолжительности мойки 5 мин

При повышении концентрации СМС в моющем растворе до 3% наблюдается увеличение степени очистки более 80%. Дальнейшее увеличение концентрации СМС в моющем растворе не приводит к существенному изменению результатов. Также отметим, что характеры изменения степени очистки для всех исследованных СМС одинаковы.

Исследование коррозионной стойкости образцов из стали Ст45Х после мойки в растворе МЛ-51 проводили по методике исследования коррозионной стойкости образцов после мойки в растворе Лабомида-203 и МС-8. Условия проведения исследований были идентичными.

В таблице 4.10 приведены результаты исследования коррозионной стойкости образцов из стали Ст45Х после мойки в растворе МЛ-51 при различных концентрациях.

Из таблицы 4.10 видно, что МЛ-51 обладает меньшим ингибирующим действием в водном растворе на изделия из стали Ст45Х в сравнении с МС-8.

Повышение концентрации МЛ-51 приводит к незначительному увеличению ингибиторных свойств моющего раствора.

Таблица 4.10 – Результаты исследования влияния концентрации МЛ-51 в моющем растворе на коррозионную стойкость образцов из стали Ст 45Х, в сутках

Концентрация МЛ-51 в растворе, %	Продолжительность времени до появления первых очагов коррозии на поверхности образцов	
	по образцам	средняя по варианту
0 (контроль)	2; 2; 3; 2; 3	2,4
1	3; 3; 3; 3; 3	3,0
2	3; 2; 4; 3; 3	3,0
3	4; 5; 5; 6; 5	5,0
4	5; 4; 4; 6; 6	5,0
5	6; 5; 5; 6; 5	5,4

Наилучшая очистка и защита от коррозии поверхности образцов обеспечивается при концентрации МЛ-51 от 3 до 4%. В целях экономии СМС и в связи с несущественным отличием выходных параметров при этих концентрациях, что подтверждают результаты экспериментов (таблицы 4.9, 4.10), в дальнейшем рассматривается 3%-я концентрация МЛ-51 в моющих растворах.

Из таблиц 4.5 и 4.6, 4.7 и 4.8, 4.9 и 4.10 видно, что эффективность СМС и по моющим, и по противокоррозионным свойствам ранжируется в следующей последовательности:

$$\text{МС-8} > \text{Лабомид-203} > \text{МЛ-51}.$$

Влияние растворов рассмотренных СМС на коррозионную стойкость образцов незначительно, так как в рецептуре использованных СМС эффективных ингибиторов коррозии нет. Для повышения моющих и противокоррозионных свойств необходимо применение специальных добавок.

4.4 Сравнительный анализ и предварительный выбор синтетического моющего средства

Для сравнительной оценки Лабомида-203, МС-8 и МЛ-51 в качестве базового варианта принята каустическая сода, характеристика и санитарно-гигиенические требования к которой приведены в [304]. По разработанным нами методикам исследованию подвергались 3%-е водные растворы Лабомида-203, МС-8, МЛ-51, которые являются более экологически безопасными в сравнении с 3%-м раствором каустической соды.

Оценочными показателями водных растворов СМС являются степень очистки поверхности и ингибиторные свойства. 3%-е растворы СМС для экспериментов готовили согласно технологии, описанной в [304]. Методика проведения исследования подробно описана в главе 3.

Требования к проведению экспериментов:

- температура раствора, °С – 85-90;
- концентрация СМС в растворах, % – 3,0;
- продолжительность мойки, мин – 5,0;
- количество образцов в каждом варианте – 5;
- загрязнение – искусственное;
- проверяемые параметры – степень очистки, %; противокоррозионные свойства, сутки; смачиваемость, с.

Результаты исследования моющей способности 3%-го раствора каустической соды представлены в Приложении В (таблице В.5).

Обработка и оценка результатов экспериментальных исследований проведена в следующей последовательности:

Определяли среднее значение по экспериментальным данным:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = \frac{717,14}{10} = 71,714\%;$$

Провели ранжирование по возрастающему признаку:

66,32; 67,14; 68,12; 69,50; 70,24; 72,14; 72,39; 76,15; 77,02; 78,12

Далее проверяем массив (генеральную совокупность) полученных результатов на отличающиеся данные и при обнаружении таковых их выбраковываем.

Проверим крайние члены на принадлежность генеральной совокупности по критерию τ :

$$\tau_{\text{лев.}} = \frac{x_2 - x_1}{x_{n-1} - x_1} = \frac{67,14 - 66,32}{78,12 - 66,32} = \frac{0,82}{11,80} = 0,0695,$$

$$\tau_{\text{прав.}} = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_2} = \frac{78,12 - 77,02}{78,12 - 66,32} = \frac{1,10}{11,80} = 0,0932.$$

Табличное значение критерия τ при числе $n = 10$ и значимости $p = 0,05$ составит [16]: $\tau_{\text{табл.}}(p=0,05;n=10) = 0,477$.

Поскольку $\tau_{\text{расч.}} \ll \tau_{\text{табл.}}(p=0,05;n=10)$ ($0,0695 < 0,0932 \ll 0,477$), следовательно все члены ряда принадлежат совокупности.

Определим статистические характеристики ряда [16].

– среднеарифметическое ряда:

$$\bar{y} = 71,714\%;$$

– дисперсия:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1} = \frac{16,7665}{10-1} = 15,6970.$$

– среднеквадратическое отклонение:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = 3,8819.$$

– коэффициент вариации:

$$\vartheta = \frac{S}{\bar{y}} \cdot 100\% = \frac{3,8819}{71,714} \cdot 100\% = 5,413\%.$$

Совокупность подчиняется нормальному закону распределения.

Для определения ингибиторных свойств каустической соды в соответствии с разработанной методикой проводили исследование образцов, вымытых в растворе каустической соды, с выдержкой в атмосфере ремонтной зоны до появления на поверхности образцов первых очагов коррозии.

Результаты исследования коррозионной стойкости образцов представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Результаты исследования коррозионной стойкости образцов из стали Ст 45Х после мойки в 3%-м растворе каустической соды, в сутках

Концентрация каустической соды в растворе, %	Продолжительность времени до появления первых очагов коррозии на поверхности образцов	
	по образцам	средняя по варианту
3	2; 2; 3; 2; 3; 2; 2; 3; 3; 2	2,4

По результатам исследования образцов можно сделать вывод, что их коррозионная устойчивость не превышает 2-3 суток, что указывает на низкую способность раствора каустической соды формировать на обмываемой поверхности защитную пленку.

Раствор каустической соды токсичен, малоэффективен, обладает слабой противокоррозионной способностью, в связи с чем в ремонтном производстве в настоящее время начали использовать такие более эффективные СМС, как Лабомид-203, МС-8, МЛ-51 и др.

Аналогичные исследования проводились с 3%-ми водными растворами Лабомида-203, МС-8 и МЛ-51 без добавки различных активаторов мойки и ингибиторов коррозии. Методика проведения исследований приведена в главе 3.

Результаты экспериментов представлены в Приложении В (таблицы В.6, В.7, В.8). Условия экспериментов были идентичны условиям исследования 3%-го раствора каустической соды. Обработка и оценка результатов экспериментальных исследований проведена аналогично обработке и оценке результатов исследований 3%-го раствора каустической соды.

Для определения ингибиторных свойств Лабомида-203 в соответствии с разработанной методикой проводили исследование образцов, вымытых в 3%-м растворе Лабомида-203, с выдержкой в атмосфере ремонтной зоны до появления на поверхности образцов первых очагов коррозии. Результаты

исследования коррозионной стойкости образцов представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Результаты исследования коррозионной стойкости образцов из стали Ст45Х после мойки в 3%-м растворе Лабомида-203, в сутках

Концентрация Лабомида-203 в растворе, %	Продолжительность времени до появления первых очагов коррозии на поверхности образцов	
	по образцам	средняя по варианту
3	6; 6; 7; 7; 6; 6; 6; 7; 6; 7	6,4

По результатам исследования образцов можно сделать вывод, что их коррозионная устойчивость после мойки в 3%-м растворе Лабомида-203 составляет 6-7 суток, что в сравнении с раствором каустической соды лучше в два с лишним раза. Значит, раствор Лабомида-203 способен формировать на очищаемой поверхности защитную пленку.

Определение ингибиторных свойств МС-8 в соответствии с разработанной методикой проводили исследованием образцов, вымытых в 3%-м растворе МС-8, с выдержкой в атмосфере ремонтной зоны до появления на поверхности образцов первых очагов коррозии. Результаты исследования коррозионной стойкости образцов представлены в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Результаты исследования коррозионной стойкости образцов из стали Ст 45Х после мойки в 3%-м растворе МС-8, в сутках

Концентрация МС-8 в растворе, %	Продолжительность времени до появления первых очагов коррозии на поверхности образцов	
	по образцам	средняя по варианту
3	8; 9; 8; 8; 9; 8; 9; 8; 9; 8	8,4

По результатам исследования образцов можно сделать вывод, что их коррозионная устойчивость не превышает 8-9 суток, что в сравнении с каустической содой лучше в три с лишним раза. Значит, раствор МС-8 способен формировать на очищаемой поверхности достаточно эффективную защитную пленку.

Ингибиторные свойства МЛ-51 в соответствии с разработанной

методикой определяли исследованием образцов, вымытых в 3%-м растворе МЛ-51, с выдержкой в атмосфере ремонтной зоны до появления на поверхности образцов первых очагов коррозии. Результаты исследования коррозионной стойкости образцов представлены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Результаты исследования коррозионной стойкости образцов из стали Ст45Х после мойки в 3%-м растворе МЛ-51, в сутках

Концентрация МЛ-51 в растворе, %	Продолжительность времени до появления первых очагов коррозии на поверхности образцов	
	по образцам	средняя по варианту
3	4; 5; 5; 6; 5; 4; 5; 5; 5; 6	5,0

По результатам исследования образцов можно сделать вывод, что их коррозионная устойчивость не превышает 5 суток, что в сравнении с каустической содой лучше почти в два раза. Значит раствор МЛ-51 способен формировать на очищаемой поверхности защитную пленку.

На рисунках 4.7 и 4.8 приведены показатели степени очистки (%) от загрязнений и противокоррозионной стойкости образцов после мойки в 3%-х растворах СМС.

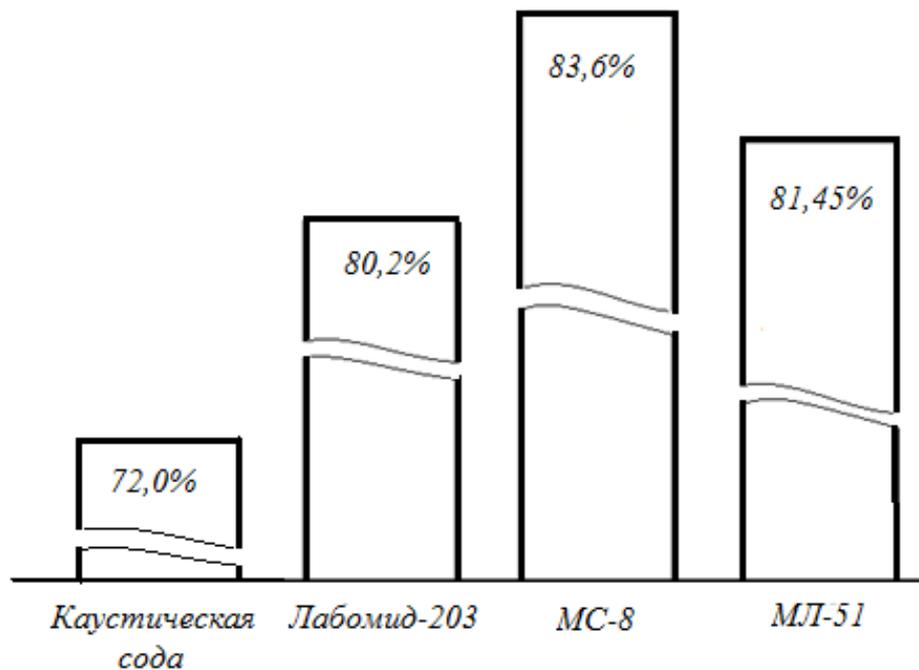


Рисунок 4.7 – Показатели степени очистки (%) образцов от загрязнений в 3%-х растворах СМС

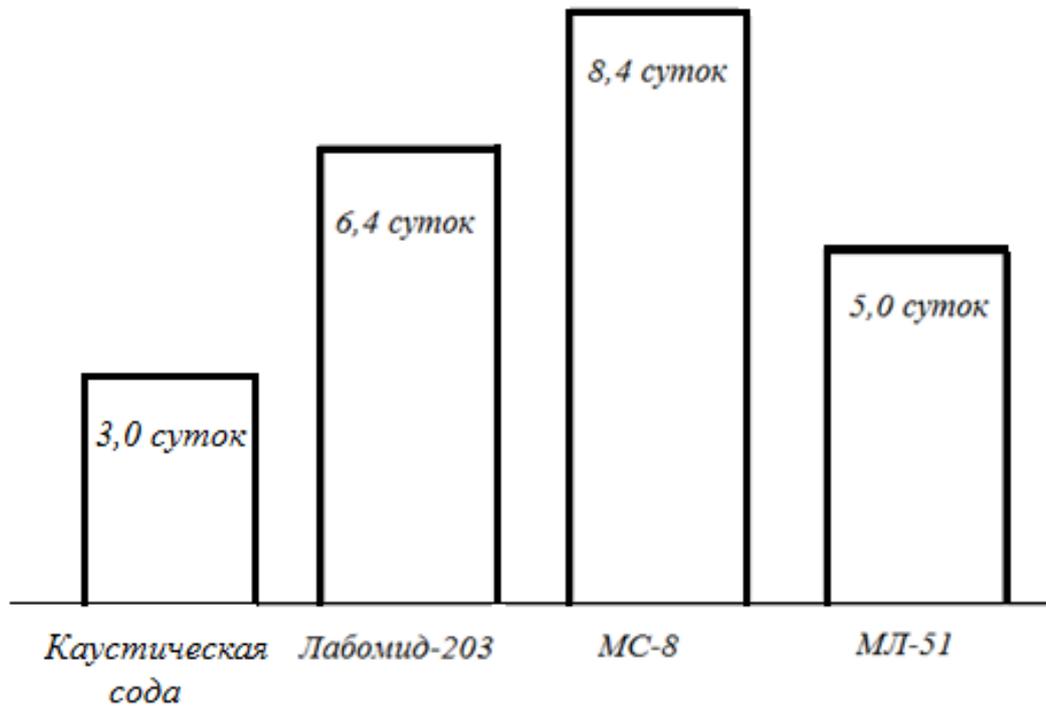


Рисунок 4.8 – Показатели противокоррозионной стойкости образцов после мойки в 3%-х растворах СМС

По анализу результатов сравнительных исследований моющих и противокоррозионных свойств 3%-х растворов каустической соды, Лабомид-203, МС-8 и МЛ-51 можно рекомендовать применение Лабомид-203, МС-8 и МЛ-51 для мойки поверхностей деталей узлов и агрегатов транспортных средств как наиболее эффективных в сравнении с каустической содой.

Из рисунков 4.7 и 4.8 видно, что эффективность СМС ранжируется в следующей последовательности:

$МС-8 > Лабомид-203 > МЛ-51 > каустическая\ сода.$

Это свидетельствует о том, что из исследованных СМС наиболее эффективным по моющим и противокоррозионным свойствам является МС-8.

При этом следует отметить, что рекомендуемые СМС нуждаются в дополнительном повышении моющих и противокоррозионных свойств за счет включения в их состав специальных экологически безопасных добавок.

4.5 Выводы по главе 4

1. Исследование влияния концентрации СМС в моющем растворе на степень очистки образцов и смачиваемость при температуре раствора 85-90°C и продолжительности процесса мойки 5 мин показало одинаковые результаты по всем изученным СМС (Лабомид-203, МС-8 и МЛ-51). Повышение концентрации СМС в моющем растворе до 3% способствует увеличению степени очистки и смачиваемости до величин более 80% и 28 секунд соответственно. Дальнейшее увеличение концентрации СМС в моющем растворе не приводит к существенным изменениям результатов. Также отметим, что характеры изменения смачиваемости и степени очистки одинаковы.

2. Влияние растворов рассмотренных СМС на коррозионную стойкость образцов незначительно, так как в рецептуре этих СМС эффективных ингибиторов коррозии нет. Для повышения противокоррозионных свойств необходимо применение специальных добавок.

3. Для сравнительной оценки Лабомида-203, МС-8 и МЛ-51 в качестве базового варианта принята каустическая сода. Исследовались 3%-е водные растворы указанных СМС. По результатам исследования образцов сделан вывод, что их коррозионная устойчивость после мойки в 3%-м растворе каустической соды не превышает 2-3 суток, что показывает на ее низкую способность формировать на очищаемой поверхности защитную пленку.

4. Коррозионная устойчивость образцов после мойки в 3%-м растворе Лабомида-203 составляет 6-7 суток, что в сравнении с раствором каустической соды лучше в два с лишним раза. Раствор Лабомида-203 способен формировать на очищаемой поверхности защитную пленку.

5. Аналогичные результаты для раствора МС-8 составляют 8-9 суток, а для раствора МЛ-51 – 5 суток. Это свидетельствует о том, что из исследованных СМС наиболее эффективным по моющим и противокоррозионным свойствам является МС-8. При этом следует отметить, что рекомендуемые СМС нуждаются в дополнительном повышении моющих и противокоррозионных свойств за счет включения в их состав специальных экологически безопасных добавок.

ГЛАВА 5 ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МОЙКИ ИЗДЕЛИЙ

5.1 Определение продолжительности процесса мойки

Требуется определить продолжительность экспериментов мойки загрязненных образцов в водных растворах Лабомида-203, МС-8 и МЛ-51.

В соответствии с [120] продолжительность мойки деталей раствором каустической соды в моющих установках модели КМ-3 и МД-2 составляет 10-14 мин. Лабомид-203, МС-8 и МЛ-51 более эффективны по сравнению с каустической содой, поэтому продолжительность мойки одной и той же партии деталей при их использовании должна быть меньше. В литературных источниках достоверные сведения о продолжительности мойки деталей в растворах Лабомида-203, МС-8 и МЛ-51 отсутствуют.

Поставленную задачу можно решить проведением серии экспериментов по установлению корреляционной и регрессионной зависимости степени очистки (y , %) от продолжительности экспериментов (x , мин), получить уравнение регрессии данной зависимости, приравняв которую к 100%, можно определить искомое значение продолжительности экспериментов, т.е.

$$y = f(x),$$

где x – продолжительность экспериментов (независимая переменная), мин;
 y – степень очистки от загрязнения, %.

Была задана длительность мойки в 1, 2, 3, 4, 5 мин, а в качестве моющей композиции взят 3%-й водный раствор Лабомида-203, температуру которого поддерживали на уровне 85-90°C. Испытания проводили на лабораторной моечной установке (рисунок 3.2). Результаты экспериментов представлены в Приложении В (таблица В.9) и сводной таблице 5.1.

Для выполнения корреляционного и регрессионного анализа результатов, приведенных в таблице 5.1, построим точечный график в системе координат:

$$y = f(x),$$

который приведен на рисунке 5.1.

Таблица 5.1 – Сводная таблица результатов исследования влияния продолжительности мойки в 3%-м растворе Лабомида-203 на степень очистки образцов

Продолжительность мойки, x , мин	1	2	3	4	5
Степень очистки, y , %	52,3	63,1	72,0	78,2	81,5

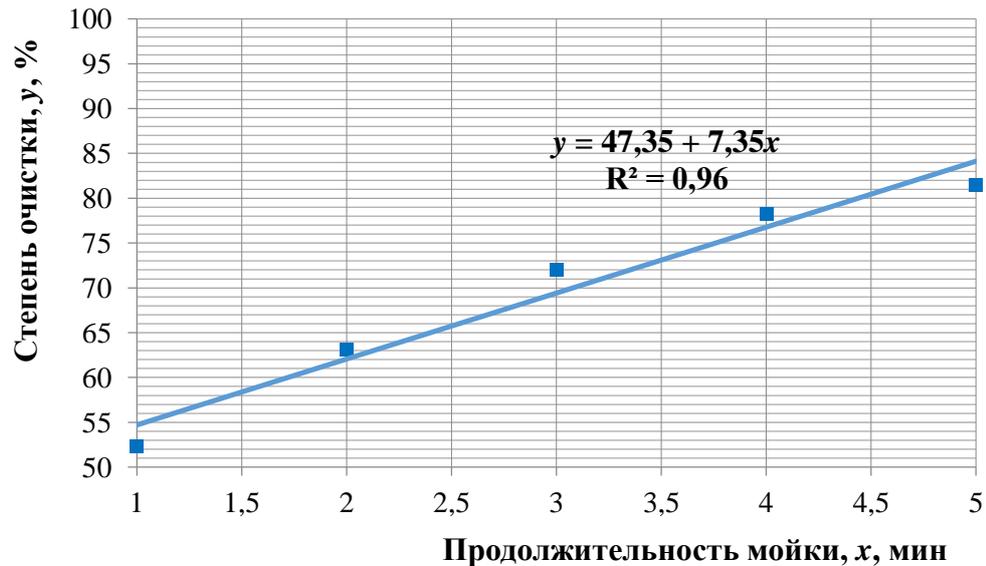


Рисунок 5.1 – График зависимости степени очистки (y , %) от продолжительности (x , мин) мойки образцов в 3%-м растворе Лабомида-203

Из рисунка 5.1 видно, что зависимость может быть аппроксимирована уравнением прямолинейной регрессии вида:

$$y = a + bx,$$

где a и b – коэффициенты уравнения регрессии.

Принятая гипотеза требует доказательства проведением корреляционного анализа, для чего вычисляем:

– коэффициент корреляции:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}};$$

– ошибку коэффициента корреляции:

$$S_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}},$$

где \bar{x} , \bar{y} – средние значения независимой и зависимой переменных;
 n – количество пар x и y , т.е. количество экспериментов.

– критерий существенности:

$$t_{r\text{фак.}} = \frac{r}{S_r}.$$

Его сравниваем с табличным значением критерия: $t_{\text{табл.}(p=0,05; v=n-2)}$,
 имеющим два входных параметра:

- уровень значимости p , равный 0,05 или 0,01;
- число степеней свободы $v = n - 2$.

$t_{\text{табл.}(p=0,05; v=n-2=4-2=2)} = 4,30$ – табличное значение критерия существенности при
 $p = 0,05$ и $v = 2$;

$t_{r\text{фак.}} \geq t_{\text{табл.}(p=0,05; v=n-2)}$ – гипотеза принимается, т.е. корреляция
 прямолинейная, и проводится корреляционный анализ результатов
 экспериментов для вычисления неизвестных коэффициентов « a » и « b ».

Результаты расчетов по программе парного корреляционно-
 регрессионного анализа следующие:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{15}{5} = 3,0 \text{ мин.};$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = \frac{347,1}{5} = 69,42\%;$$

– коэффициент корреляции:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{73,5}{75,01} = 0,980;$$

– ошибка коэффициента корреляции:

$$S_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{1-0,980^2}{5-2}} = \sqrt{0,01324} = 0,115;$$

$$t_p = \frac{r}{S_r} = \frac{0,980}{0,115} = 8,522;$$

$$t_{\text{табл.}}(p=0,05; v=n-2=4-2=2) = 4,30$$

$$t_p > t_{\text{табл.}}(p=0,05; v=n-2=4-2=2) \cdot$$

Регрессионный анализ:

$$\begin{cases} na + b \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i, \\ a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i y_i. \end{cases}$$

$$\begin{cases} 5a + 15b = 347,1 \\ 15a + 55b = 1114,8, \end{cases}$$

откуда:

$$y = 47,35 + 7,35 x.$$

Для проверки правильности вычислений по данному уравнению определим результаты расчетных выходов в точках эксперимента.

$$[\sum_{i=1}^n y_i = 239,6; \sum_{i=1}^n y_i = 347,1] \approx [\sum_{i=1}^n \hat{y}_i = 347,0; \sum_{i=1}^n \hat{y}_i = 239,6].$$

Расчеты выполнены верно.

Доверительный интервал уравнения регрессии вычисляются по формуле:

$$S_{y/x} = \pm S_r \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = \pm 0,115 \sqrt{562,71} = \pm 2,73.$$

Определим оптимальную продолжительность мойки из условия 100%-й степени очистки:

$$y = 47,35 + 7,35 x = 100,$$

откуда $x = 7,14$ мин.

Однако в условиях ремонтного производства не требуется 100%-я очистка поверхностей узлов, агрегатов и деталей, и добиться такой степени очистки практически невозможно. Степень очистки определяется технологическими требованиями [96]. В связи с этим определяем оптимальную продолжительность мойки из условия 80%-й степени очистки:

$$y = 47,35 + 7,35 x = 80,$$

откуда $x = 4,44$ мин. $\approx 5,0$ мин.

Для последующих экспериментов продолжительность мойки загрязнений принимаем 5 мин (рисунок 5.2).

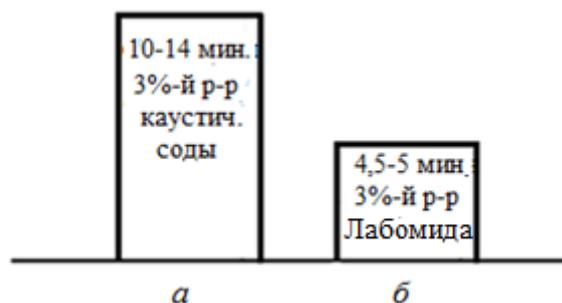


Рисунок 5.2 – Диаграммы продолжительности мойки: *а* – в 3%-м растворе каустической соды; *б* – в 3%-м растворе Лабомида-203

5.2 Определение температуры моющего раствора

Для установления температурного режима мойки деталей в моечных машинах необходимо провести ряд экспериментов по изучению зависимости степени очистки от температуры моющего раствора, получить уравнение регрессии:

$$y = f(x),$$

где y – степень очистки, %;

x – температура раствора (независимая переменная, т.е. варьируемая от значения комнатной температуры до 100°C).

При проведении экспериментов продолжительность опыта по каждому варианту должна быть одинаковой. Согласно данным подглавы 5.1, продолжительность опыта по каждому варианту принимаем 5 мин (300 с). Методика экспериментов была аналогичной методике, описанной в подглаве 5.1.

Результаты экспериментов по исследованию зависимости степени очистки образцов от температуры 3%-го раствора Лабомида-203 представлены в Приложении В (таблица В.10), в сводной таблице 5.2 и на рисунке 5.3.

Таблица 5.2 – Сводная таблица результатов исследования влияния температуры моющего раствора на степень очистки образцов

Температура моющего раствора, x , °C	20	40	60	80	95
Степень очистки, y , %	15,8	26,2	54,8	81,5	82,35

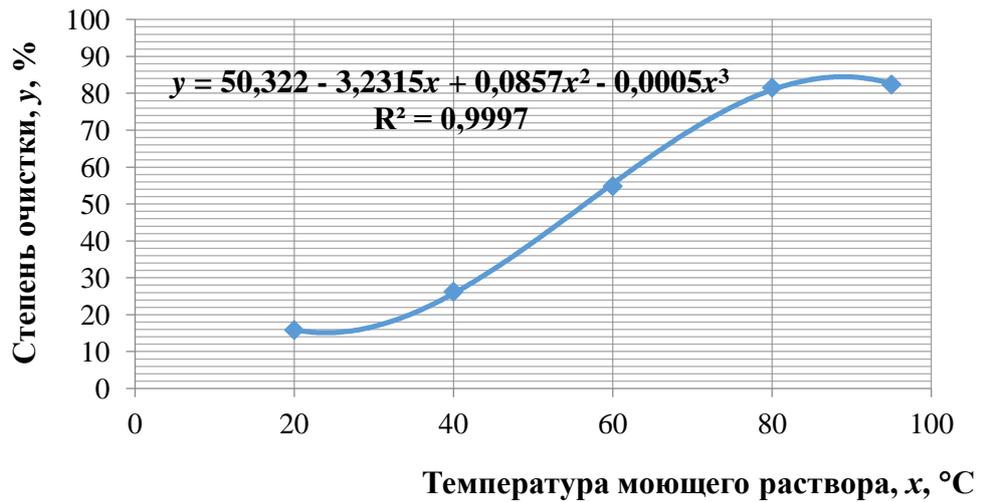


Рисунок 5.3 – График зависимости степени очистки образцов (y , %) от температуры моющего раствора (x , °C)

По точкам расположения результатов экспериментов на графике (рисунок 5.3) видно, что зависимость аппроксимируется уравнением полиномиальной зависимости:

$$y = 50,322 - 3,2315x + 0,0857x^2 - 0,0005x^3.$$

При степени очистки, равной 100%, уравнение зависимости примет вид:

$$y = 50,322 - 3,2315x + 0,0857x^2 - 0,0005x^3 = 100.$$

Решая это уравнение, определяем температуру моющего раствора (x) для обеспечения 100%-й очистки образцов от загрязнений:

$$x = 92^\circ\text{C}.$$

Как было указано в параграфе 5.1, в ремонтном производстве не всегда требуется 100%-я очистка поверхностей деталей. Степень очистки определяется технологической необходимостью, в основном она поддерживается на уровне 80% [96]. В связи с этим, решая полученное уравнение, определяем температуру моющего раствора (x) для обеспечения 80%-й очистки образцов от загрязнений:

$$y = 50,322 - 3,2315x + 0,0857x^2 - 0,0005x^3 = 80.$$

$$x = 83^\circ\text{C}.$$

В производственных условиях для мойки деталей, узлов и агрегатов в моечных машинах температура моющего раствора может поддерживаться в пределах от 80 до 90°C.

5.3 Исследование и выбор активирующей добавки по степени влияния на моющую способность растворов синтетических моющих средств

В главе 4 обосновано, что основным способом улучшения моющих и противокоррозионных свойств растворов СМС является использование специальных добавок. Известно [216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223], что бораты щелочных металлов и аммония проявляют моющие свойства в водных средах и являются экологически менее вредными добавками, поэтому соединения бора были изучены в качестве добавок для повышения моющих свойств растворов СМС, определены их оптимальные концентрации для очистки изделий от искусственно созданных загрязнений.

Условия экспериментов:

- 3%-е растворы СМС: Лабомида-203, МС-8, МЛ-51;
- добавки: МБЛ, МБН, МБК;
- температура растворов 80-85°C;
- усовершенствованная моющая установка собственного изготовления;
- независимым переменным (задаемься) принята концентрация добавок в моющих растворах СМС – 1; 2; 3; 4; 5; 6 г/л;
- число опытов в варианте – 5;
- загрязнение – искусственное.

Выходные параметры:

- степень очистки (%), смачиваемость (с).

Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований проводилась методами математической статистики аналогично методике предыдущих разделов, также проведен анализ и сформулированы выводы.

Результаты исследования зависимости степени очистки образцов в 3%-х водных растворах Лабомида-203, МС-8, МЛ-51 от концентрации МБЛ, МБН, МБК приведены в Приложении В (таблицы В.11 – В.19) и в сводных таблицах 5.3-5.11, а для наглядности – в виде графиков на рисунках 5.4-5.6.

Таблица 5.3 – Сводная таблица результатов исследования влияния концентрации МБЛ в 3%-м водном растворе Лабомида-203 на степень очистки образцов при температуре 80-90°C

Концентрация МБЛ в моющем растворе, x , г/л	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	Сумма
Степень очистки, %:							
– фактическая, y_i	81,1	82,3	82,9	83,7	84,0	83,8	$\sum_{i=1}^n y_i = 497,8$
– расчетная по уравнению, \hat{y}_i	81,8	82,4	82,9	83,5	84,1	84,3	$\sum_{i=1}^n \hat{y}_i = 498,9$

Таблица 5.4 – Сводная таблица результатов исследования влияния концентрации МБН в 3%-м водном растворе Лабомида-203 на степень очистки образцов при температуре 80-85°C

Концентрация МБН в моющем растворе, x , г/л	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	Сумма
Степень очистки, %:							
– фактическая, y_i	82,15	83,12	87,15	90,17	91,30	91,20	$\sum_{i=1}^n y_i = 525,10$
– расчетная по уравнению, \hat{y}_i	82,56	84,77	87,00	89,20	81,42	92,51	$\sum_{i=1}^n \hat{y}_i = 526,46$

Таблица 5.5 – Сводная таблица результатов исследования влияния концентрации МБК в 3%-м водном растворе Лабомида-203 на степень очистки образцов при температуре 80-85°C

Концентрация МБК в моющем растворе, x , г/л	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	Сумма
Степень очистки, %:							
– фактическая, y_i	81,48	84,66	88,92	92,15	92,80	92,50	$\sum_{i=1}^n y_i = 532,5$
– расчетная по уравнению, \hat{y}_i	82,90	85,57	88,23	90,90	93,56	94,32	$\sum_{i=1}^n \hat{y}_i = 533,5$

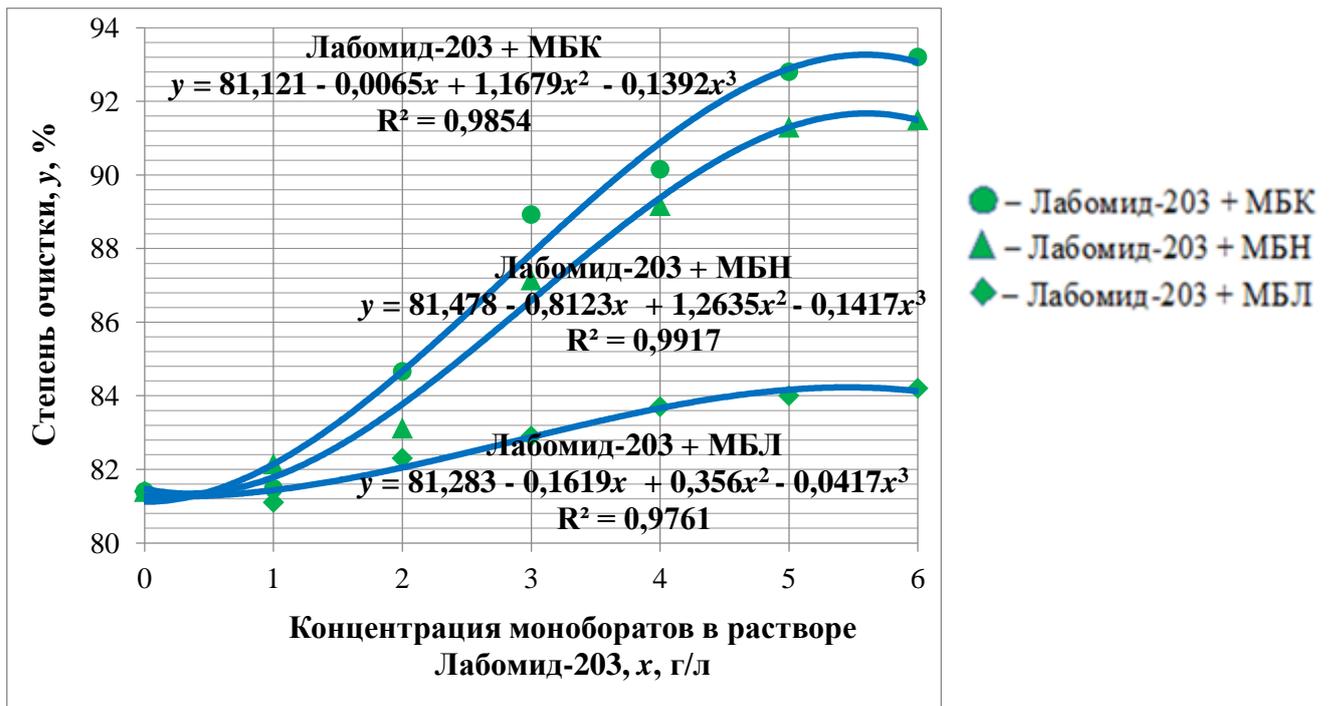


Рисунок 5.4 – Зависимость степени очистки образцов в 3%-м водном растворе Лабомид-203 от концентрации МБК, МБН, МБЛ

Изменение степени очистки образцов в 3%-м водном растворе Лабомид-203 в зависимости от концентрации добавок во всех исследованных случаях имеет полиномиальный характер, так как при полиномиальной зависимости имеем самый высокий коэффициент достоверности.

Из рисунка 5.4 видно, что степень очистки образцов в 3%-м растворе Лабомид-203 с увеличением концентрации добавок повышается и достигает максимума при концентрации добавок 5 г/л, при дальнейшем повышении концентрации добавок, что не выгодно из экономических соображений, заметного эффекта не наблюдается. Это доказывает, что такая концентрация добавок в 3%-м растворе Лабомид-203 является оптимальной.

Как показывает анализ графиков, наибольшим ингибиторным эффектом в 3%-м водном растворе Лабомид-203 из исследованных добавок обладает МБК. При его концентрации 5 г/л в технологическом растворе степень очистки образцов достигает значения 92,8%, а в присутствии МБН и МБЛ такой же концентрации в растворе степень очистки ниже и имеет значение 91,3 и 84,0% соответственно.

Таблица 5.6 – Сводная таблица результатов исследования влияния концентрации МБЛ в 3%-м водном растворе МС-8 на степень очистки образцов при температуре 80-85°C

Концентрация МБЛ в моющем растворе, x , г/л	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	Сумма
Степень очистки, %:							
– фактическая, y_i	84,00	85,50	86,00	88,8	90,70	89,6	$\sum_{i=1}^n y_i = 524,6$
– расчетная по уравнению, \hat{y}_i	83,43	85,19	86,94	88,7	90,45	90,5	$\sum_{i=1}^n \hat{y}_i = 525,2$

Таблица 5.7 – Сводная таблица результатов исследования влияния концентрации МБН в 3%-м водном растворе МС-8 на степень очистки образцов при температуре 80-85°C

Концентрация МБН в моющем растворе, x , г/л	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	Сумма
Степень очистки, %:							
– фактическая, y_i	84,10	86,00	88,2	89,60	93,60	92,80	$\sum_{i=1}^n y_i = 534,3$
– расчетная по уравнению, \hat{y}_i	83,07	85,73	88,4	91,06	93,72	93,65	$\sum_{i=1}^n \hat{y}_i = 535,63$

Таблица 5.8 – Сводная таблица результатов исследования влияния концентрации МБК в 3%-м водном растворе МС-8 на степень очистки образцов при температуре 80-85°C

Концентрация МБК в моющем растворе, x , г/л	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	Сумма
Степень очистки, %:							
– фактическая, y_i	84,20	87,00	92,50	95,6	97,90	97,35	$\sum_{i=1}^n y_i = 554,55$
– расчетная по уравнению, \hat{y}_i	85,37	88,54	91,72	94,9	98,08	99,23	$\sum_{i=1}^n \hat{y}_i = 555,84$

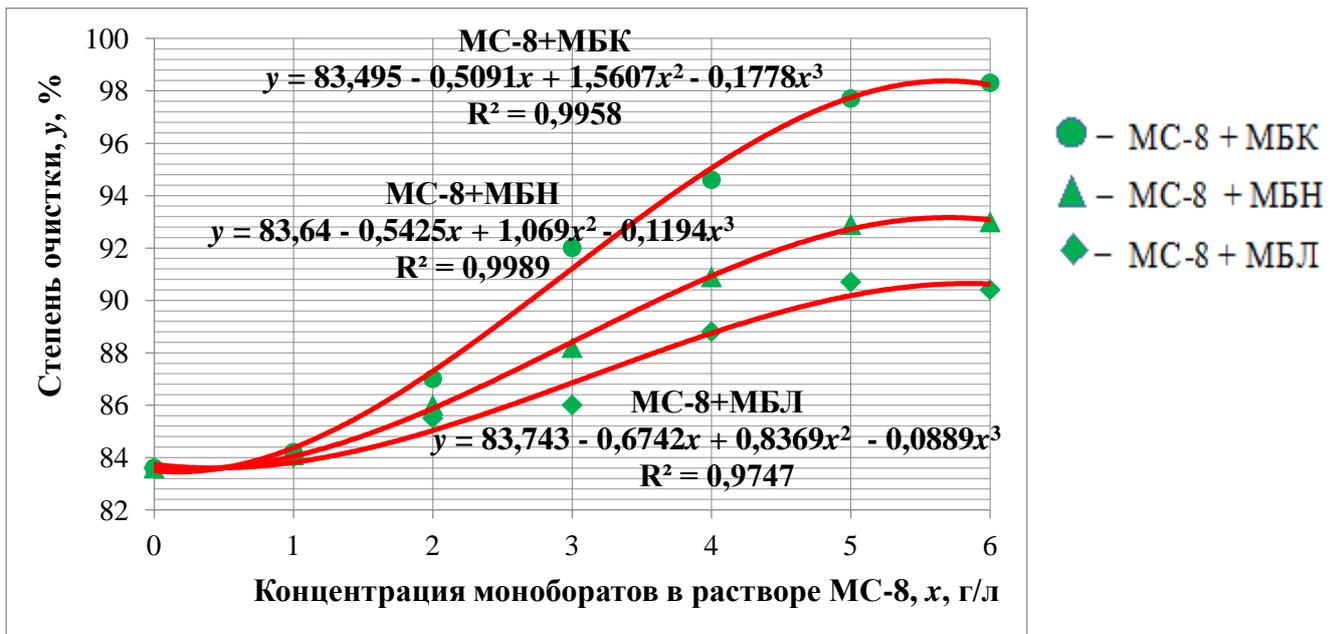


Рисунок 5.5 – Влияние концентрации МБК, МБН, МБЛ в 3%-м водном растворе МС-8 на степень очистки образцов

Изменение степени очистки образцов в 3%-м водном растворе МС-8 в зависимости от концентрации добавок во всех исследованных случаях имеет полиномиальный характер, так как при полиномиальной зависимости имеем самый высокий коэффициент достоверности.

Из рисунка 5.5 видно, что степень очистки образцов в 3%-м растворе МС-8 с увеличением концентрации добавок повышается и достигает максимума при концентрации добавок 5 г/л, при дальнейшем повышении концентрации боратов заметного эффекта не наблюдается. Это доказывает, что концентрация добавок 5 г/л в 3%-м растворе МС-8 является оптимальной. Такое заключение хорошо согласуется с методикой определения оптимальной концентрации добавок по наибольшему смещению потенциала активации стали Ст 45Х в потенциостатическом режиме поляризации, описанной в главе 3.

Как показывает анализ графиков, наибольшим моющим эффектом в 3%-м водном растворе МС-8 из исследованных добавок обладает МБК. При его концентрации 5 г/л в технологическом растворе степень очистки образцов достигает значения 97,9%, а в присутствии МБН и МБЛ такой же концентрации в растворе степень очистки ниже и имеет значение 93,6 и 90,7% соответственно.

Таблица 5.9 – Сводная таблица результатов исследования влияния концентрации МБЛ на степень очистки образцов в 3%-м водном растворе МЛ-51 при температуре 80-85°C

Концентрация МБЛ в моющем растворе, x , г/л	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	Сумма
Степень очистки, %:							
– фактическая, y_i	80,50	81,30	82,60	83,30	83,80	83,2	$\sum_{i=1}^n y_i = 494,7$
– расчетная по уравнению, \hat{y}_i	80,76	81,55	82,34	83,13	83,93	84,0	$\sum_{i=1}^n \hat{y}_i = 495,7$

Таблица 5.10 – Сводная таблица результатов исследования влияния концентрации МБН на степень очистки образцов в 3%-м водном растворе МЛ-51 при температуре 80-85°C

Концентрация МБН в моющем растворе, x , г/л	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	Сумма
Степень очистки, %:							
– фактическая, y_i	81,00	82,50	84,50	85,80	86,40	85,9	$\sum_{i=1}^n y_i = 506,1$
– расчетная по уравнению, \hat{y}_i	81,36	82,72	84,07	85,43	86,78	87,1	$\sum_{i=1}^n \hat{y}_i = 507,5$

Таблица 5.11 – Сводная таблица результатов исследования влияния концентрации МБК на степень очистки образцов в 3%-м водном растворе МЛ-51 при температуре 80-85°C

Концентрация МБЛ в моющем растворе, x , г/л	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	Сумма
Степень очистки, %:							
– фактическая, y_i	81,50	83,00	85,50	87,8	88,20	85,9	$\sum_{i=1}^n y_i = 511,9$
– расчетная по уравнению, \hat{y}_i	81,73	83,49	85,24	87,0	88,75	89,1	$\sum_{i=1}^n \hat{y}_i = 513,3$

Изменение степени очистки образцов в 3%-м водном растворе МЛ-51 в зависимости от концентрации добавок во всех случаях имеет полиномиальный характер, так как при этом имеем самый высокий коэффициент достоверности.

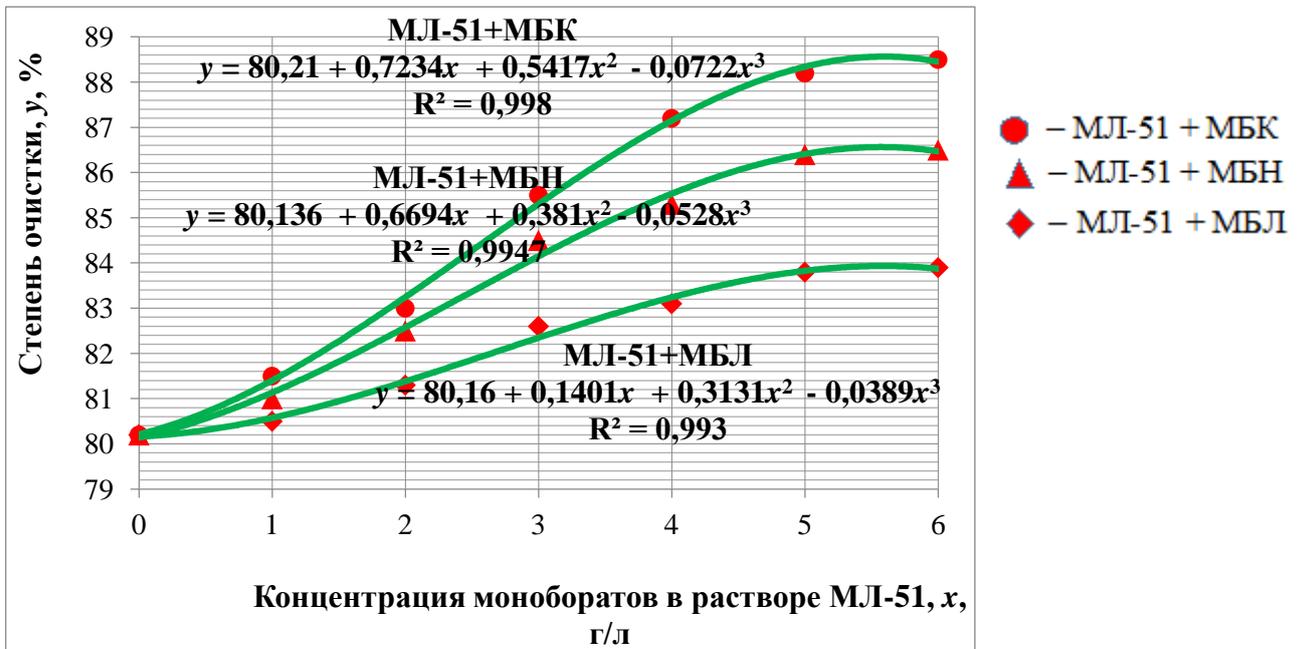


Рисунок 5.6 – Зависимость степени очистки образцов в 3%-м водном растворе МЛ-51 от концентрации МБК, МБН, МБЛ

Из рисунка 5.6 видно, что степень очистки образцов в 3%-м растворе МЛ-51 с увеличением концентрации боратов повышается и достигает максимума при концентрации добавок 5 г/л, при дальнейшем повышении концентрации добавок заметного эффекта не наблюдается. Это доказывает, что концентрация добавок 5 г/л в 3%-м растворе МЛ-51 является оптимальной.

Как показывает анализ графиков, наибольшим моющим эффектом в 3%-м водном растворе МЛ-51 из исследованных добавок обладает МБК. При его концентрации 5 г/л в технологическом растворе степень очистки образцов достигает значения 88,20%, а в присутствии МБН и МБЛ такой же концентрации в растворе степень очистки ниже и имеет значение 86,4 и 83,8% соответственно.

Анализ результатов экспериментов позволяет сделать вывод, что исследованные СМС по моющим свойствам ранжируются в следующей последовательности: МС-8 > Лабомид-203 > МЛ-51, а добавки: МБК > МБН > МБЛ.

Проведенный анализ результатов и графиков позволяет сделать заключение, что наибольшими моющими и ингибиторными свойствами из исследованных СМС обладает МС-8, а из исследованных моноборатов – МБК.

Степень очистки образцов в 3%-м растворе МС-8 при концентрации МБК 5 г/л достигает 97,9%.

5.4 Исследование влияния активизирующих добавок на снижение энергозатрат при мойке агрегатов, узлов и деталей

На выбор оптимального температурного режима (без подогрева, с подогревом моющего состава) и способа мойки (механический, ультразвуковой и физико-химический) влияет степень (слабая, средняя и сильная) и вид загрязнения, материал, размеры и конфигурация деталей, места отложения загрязнений, материальные возможности. Правильно подобранная физико-химическая активность моющего раствора, температурный режим и необходимая активация процесса мойки гарантируют ускорение и повышение качества очистки [18, 19].

Эффективность и качество мойки повышаются с увеличением температуры раствора. В зимнее время на мойку поступает большое количество холодных деталей, и система обогрева оказывается недостаточной для поддержания оптимальной температуры моющего раствора. Выдержка деталей в цехе для повышения их температуры даже на несколько градусов может положительно повлиять на качество очистки. Но этот метод связан с большими затратами времени и недостаточно эффективен, поэтому необходимо изыскать новые наиболее эффективные моющие средства и технологические процессы, обеспечивающие повышение качества мойки деталей при низких температурах моющего раствора.

Разработка новых эффективных и совершенствование существующих способов и средств мойки загрязненных деталей способствуют экономии энергии и материалов, поэтому исследования в данном направлении являются особенно востребованными и актуальными в ремонтном производстве сельского хозяйства и автотранспортной отрасли.

Решающую роль в снижении энергозатрат и материалов на мойку машин и их составных частей играет внедрение малоэнергоёмких способов и средств

мойки [326].

Повышение концентрации СМС в растворе и продолжительности мойки не всегда приводит к улучшению моющего действия [25, 107]. В этом случае целесообразно предусматривать специальные добавки в растворы СМС, которые активизируют моющие и противокоррозионные свойства растворов.

В настоящей работе в качестве такой добавки рассматривается МБК.

Для определения степени влияния МБК на оценочные показатели СМС и режим мойки изучена зависимость моющей способности 3%-х растворов МЛ-51, Лабоамид-203, МС-8 от температуры и продолжительности мойки без добавки и с добавкой МБК. Для проведения экспериментов использовали усовершенствованную лабораторную моечную установку, изготовленную по аналогу, описанному в [189].

Методика проведения экспериментов описана в главе 3. Результаты исследования влияния температуры 3%-х растворов Лабоамида-203, МС-8, МЛ-51 без добавки и с добавкой МБК концентрацией 5 г/л на степень очистки образцов и смачиваемость при продолжительности мойки 5 мин приведены в Приложении В (таблица В.20), для удобства и наглядности – в сводных таблицах 5.12 и 5.13 и на рисунках 5.7 – 5.12.

Таблица 5.12 – Сводная таблица результатов исследования влияния температуры моющего раствора без добавки и с добавкой МБК концентрацией 5 г/л на степень очистки образцов при продолжительности мойки 5 мин

Состав моющего раствора	Температура моющего раствора, $x, ^\circ\text{C}$									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Степень очистки, $y, \%$									
МЛ-51	9,2	15,6	20,3	26,9	32,7	49,4	75,6	82,3	85,5	85,7
МЛ-51 + 0,5% МБК	13,2	22,3	32,5	42,3	60,4	65,5	80,4	82,1	88,2	88,8
МС-8	11,6	17,9	22,7	29,8	39,1	58,3	75,0	85,9	88,3	88,1
МС-8 + 0,5% МБК	20,5	33,4	41,2	55,3	70,1	81,2	84,9	96,9	98,1	98,2
Лабоамид-203	10,5	16,4	21,0	28,4	38,6	52,3	70,2	88,3	88,4	88,3
Лабоамид-203 + 0,5% МБК	15,2	25,9	36,4	45,8	66,3	73,4	83,2	88,2	93,1	93,1

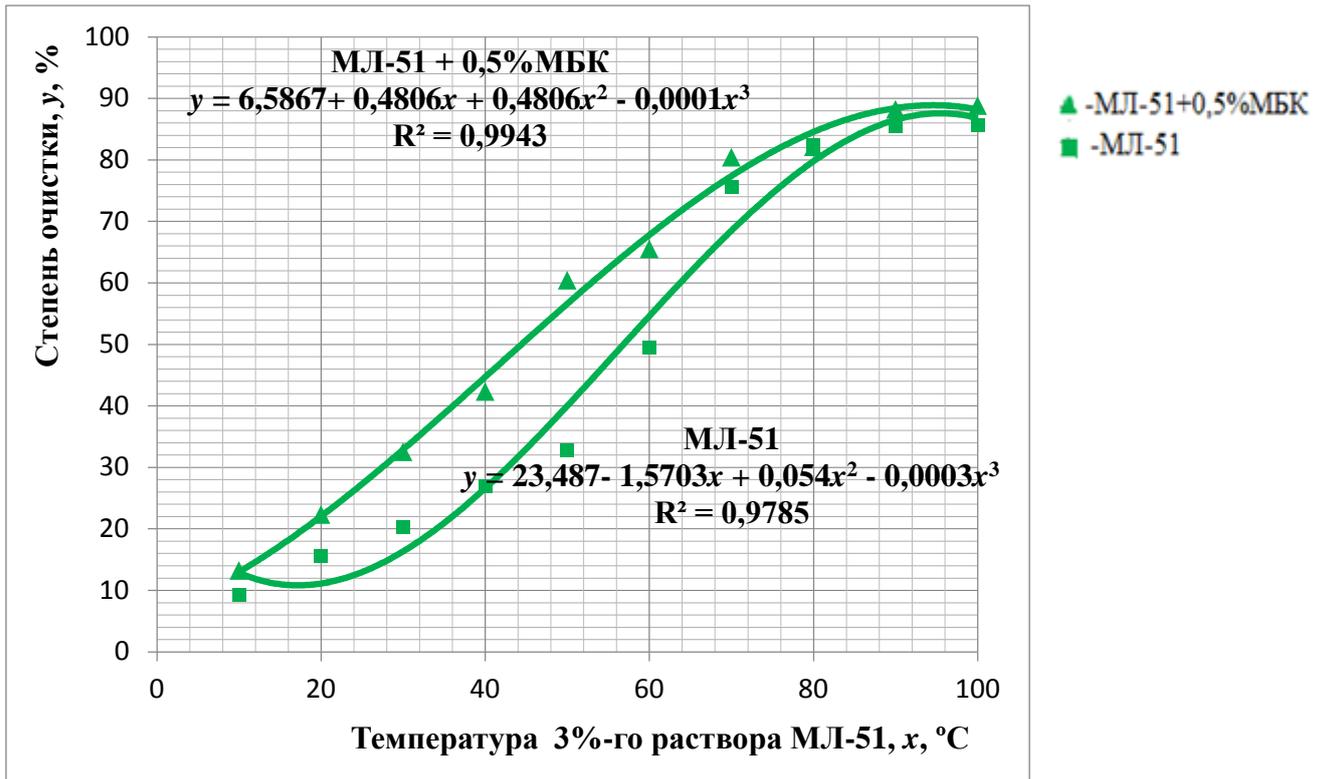


Рисунок 5.7 – Зависимость степени очистки образцов от температуры 3%-го раствора МЛ-51 без добавки и с добавкой МБК концентрацией 5 г/л при продолжительности мойки 5 мин

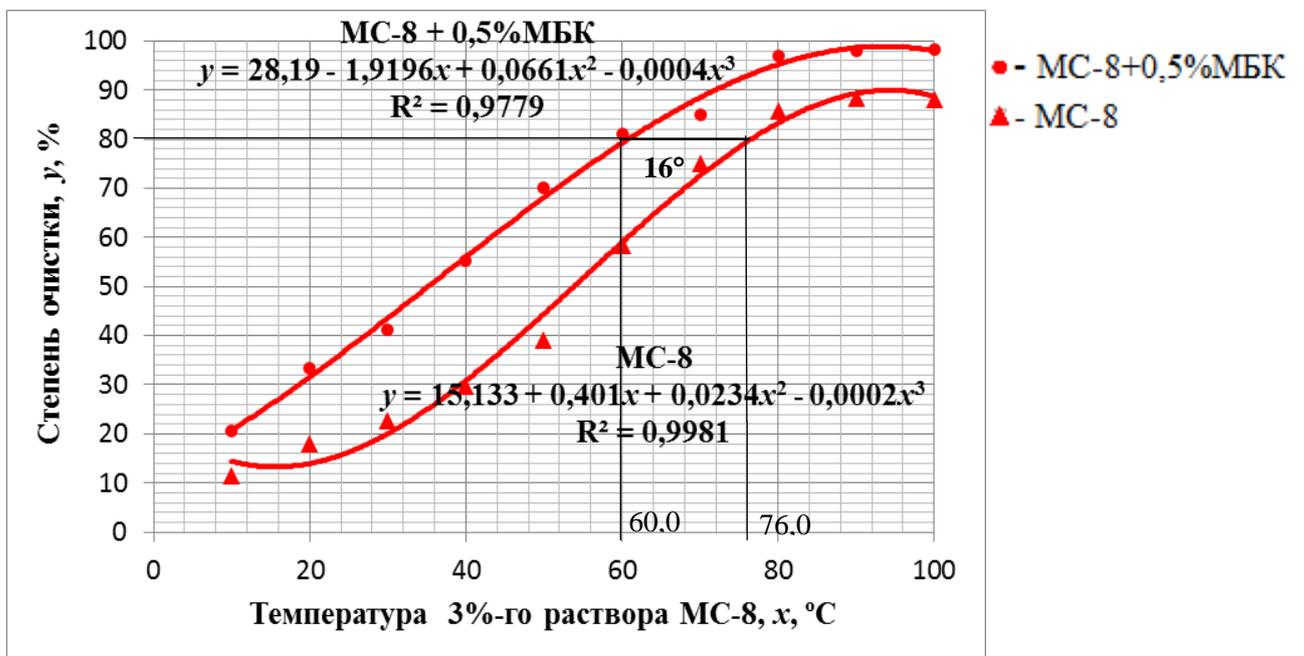


Рисунок 5.8 – Зависимость степени очистки образцов от температуры 3%-го раствора МС-8 без добавки и с добавкой МБК концентрацией 5 г/л при продолжительности мойки 5 мин

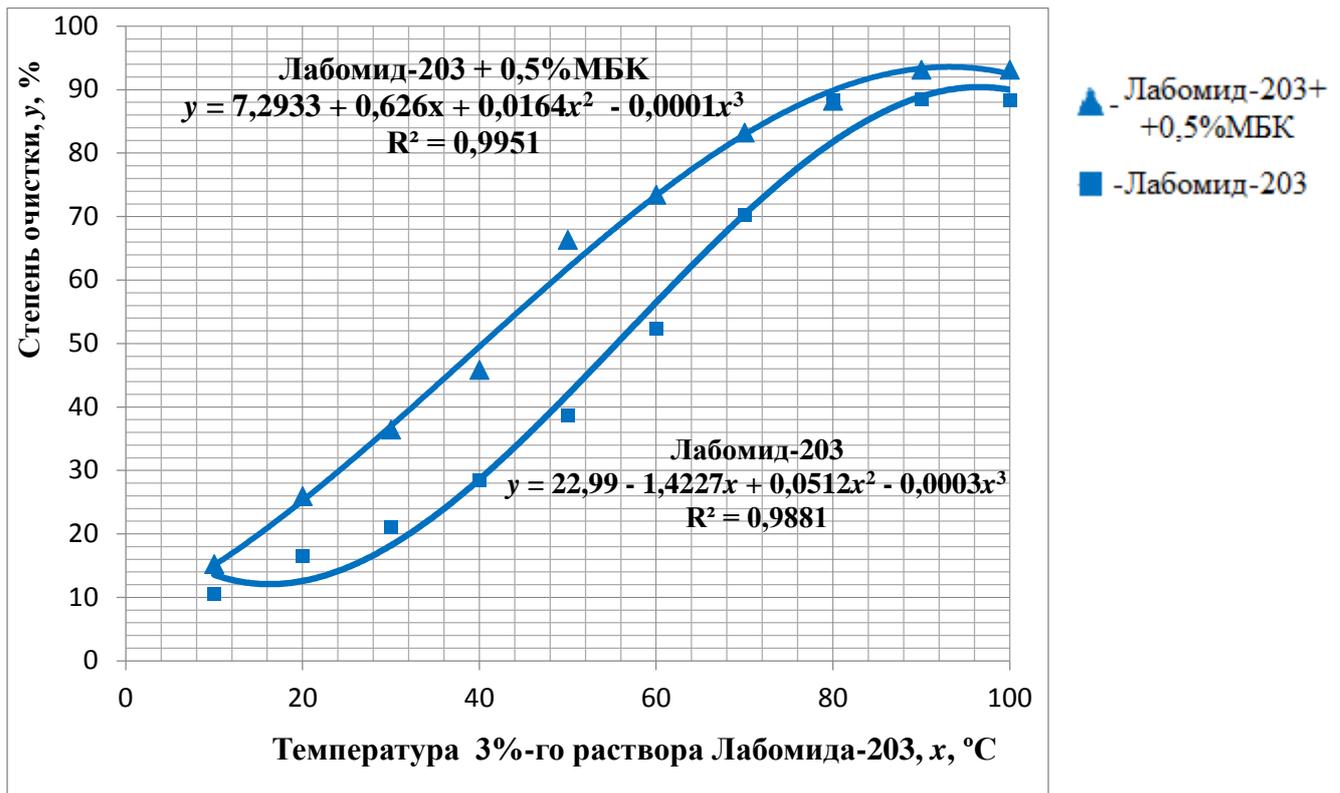


Рисунок 5.9 – Зависимость степени очистки образцов от температуры 3%-го раствора Лабомид-203 без добавки и с добавкой МБК концентрацией 5 г/л при продолжительности мойки 5 мин

Таблица 5.13 – Сводная таблица результатов исследования влияния температуры моющего раствора без добавки и с добавкой МБК концентрацией 5 г/л на смачиваемость образцов

Состав моющего раствора	Температура моющего раствора, x, °С									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Смачиваемость, с									
МЛ-51	4	6	9	14	16	21	26	28	29	29
МЛ-51 + 0,5% МБК	6	8	12	18	21	24	27	29	30	30
МС-8	7	9	13	17	19	23	27	33	35	33
МС-8 + 0,5% МБК	10	12	17	21	23	27	31	36	38	36
Лабомид-203	5	8	12	15	18	22	27	29	31	30
Лабомид-203 + 0,5% МБК	8	11	15	19	21	26	28	30	32	31

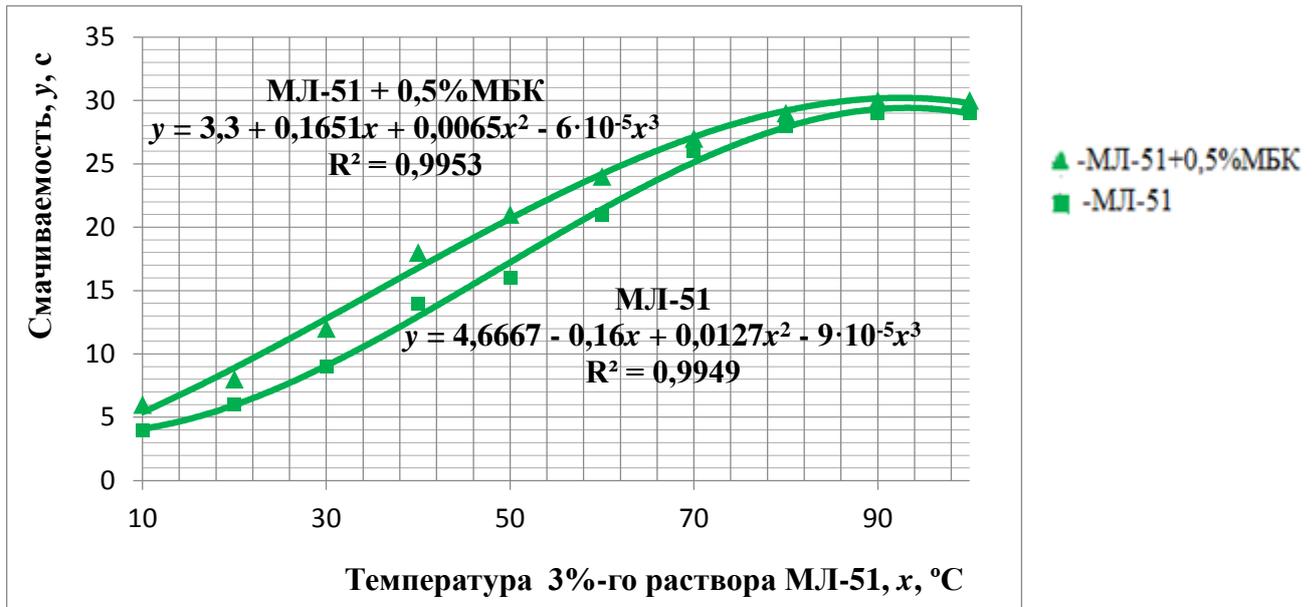


Рисунок 5.10 – Зависимость смачиваемости образцов от температуры 3%-го раствора МЛ-51 без добавки и с добавкой МБК концентрацией 5 г/л

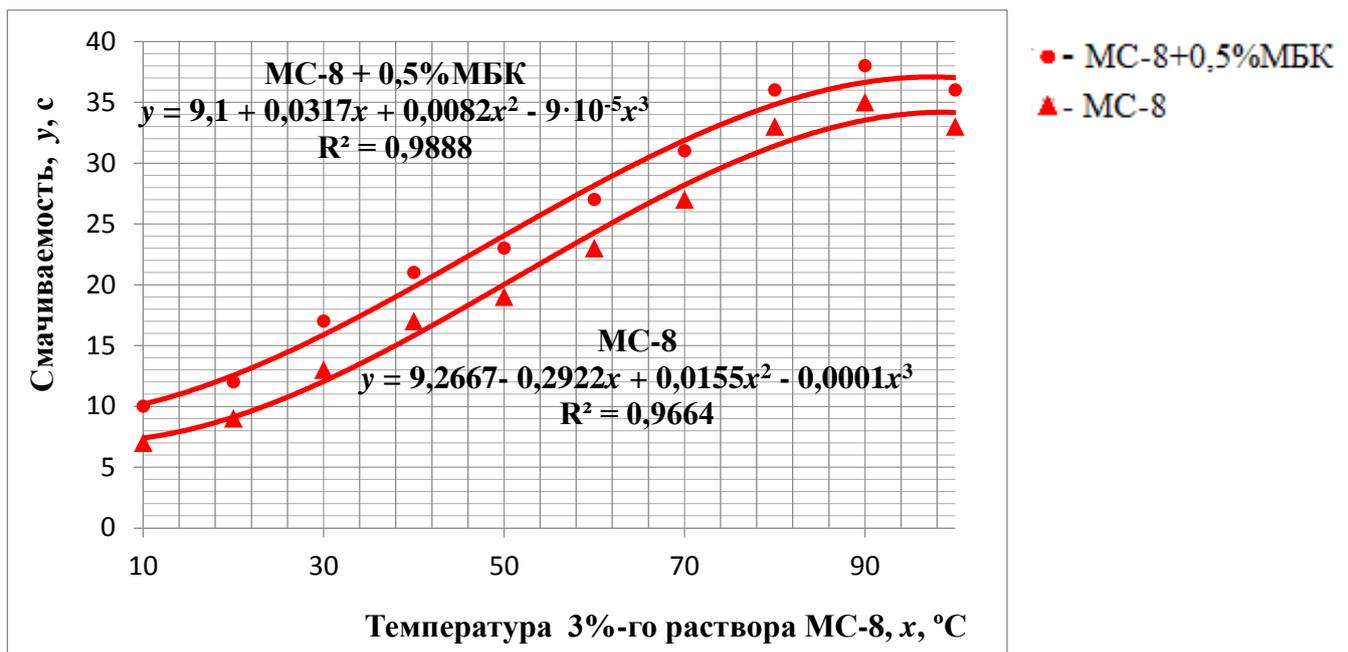


Рисунок 5.11 – Зависимость смачиваемости образцов от температуры 3%-го раствора МС-8 без добавки и с добавкой МБК концентрацией 5 г/л

В ремонтном производстве не всегда требуется абсолютная чистота всех поверхностей, потому что степень очистки определяется технологической необходимостью. Технологический процесс мойки – достаточно трудоемкий и

материалоемкий процесс. В связи с этим чистота поверхности должна быть допустимой для конкретного процесса или производства.

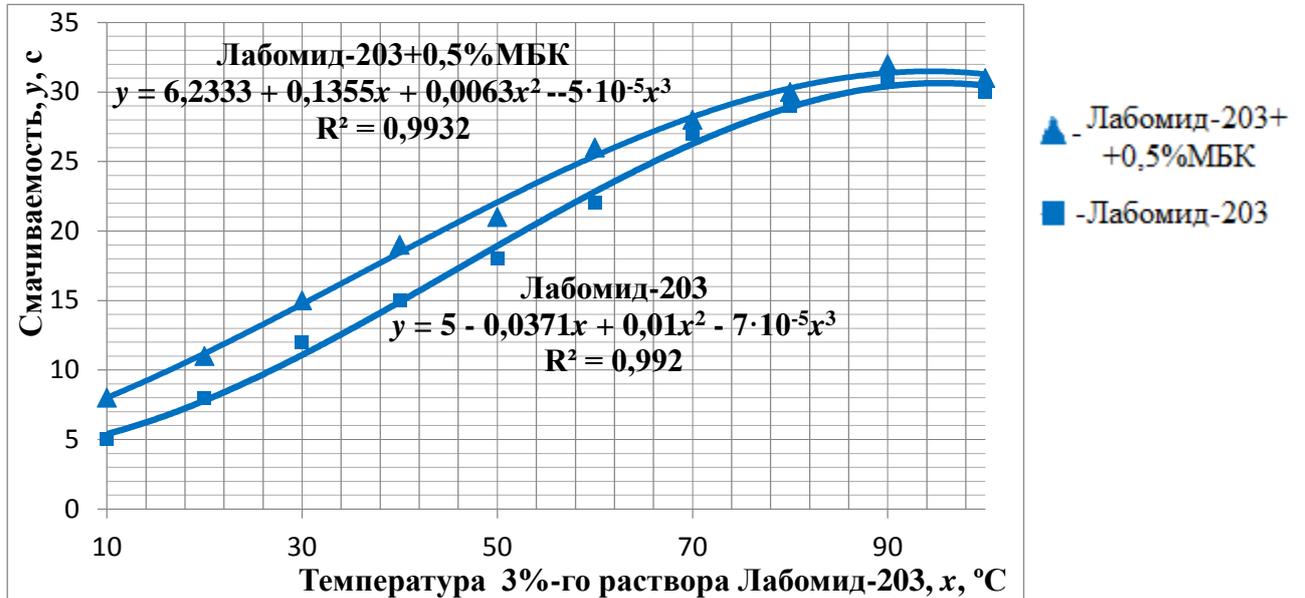


Рисунок 5.12 – Зависимость смачиваемости образцов от температуры 3%-го раствора Лабомид-203 без добавки и с добавкой МБК концентрацией 5 г/л

Степень очистки зависит от предстоящих технологических операций над деталью: или дефектация, или восстановление [20, 23, 269, 270, 271]. Для этих операций достаточна 80%-я степень очистки, когда на инструменте и руках рабочего не остаются следы технологических загрязнений.

Сравнивая графики и решая уравнения зависимости степени очистки образцов от температуры 3%-х растворов СМС без добавки и с добавкой МБК при заданной степени очистки (рисунки 5.7, 5.8, 5.9), можно определить значение температуры моющего раствора для обеспечения требуемой степени очистки.

К примеру, для обеспечения 80%-й степени очистки при мойке деталей в 3%-м растворе МС-8 нужно поддерживать температуру моющего раствора, равную 76°С (рисунок 5.8). Если в 3%-й раствор МС-8 добавить МБК концентрацией 5 г/л требуемая 80%-я степень очистки обеспечивается уже при температуре моющего раствора 60°С. Разница составляет 16°С, что способствует снижению затрат электроэнергии на поддержание оптимальной температуры моющего раствора, особенно в зимнее время.

Расчет расходов на нагрев моющего раствора с 60 до 76°C (Онлайн расчет)*

Начальная температура моющего раствора, °C	60;
Температура нагретого моющего раствора, °C	76;
Объем моющего раствора, м ³	1,0 (1000 л);
Мощность нагревателя, кВт	36 кВт (36000 Вт);
КПД нагревателя, %	90;
Время нагрева	34 мин 27 с (0,57435 ч);
Расход электроэнергии на нагрев	20,77 кВт·ч (0,018 Гкал);
Тариф на электроэнергию, руб за кВт·ч	3,96;
Стоимость разогрева воды, руб.	81,88;

* Ссылка на данный расчет:

<https://nagrev24.ru/voda/?t1=60&t2=76&vol=1000&eff=90&power=36&price=3.96>

Анализ данных таблицы 5.12 и 5.13, рисунков 5.7-5.12 позволяет сделать выводы, что добавка МБК концентрацией 5 г/л в растворы СМС позволяет снизить температуру растворов на 14-18°C, обеспечивая при этом такой же уровень качества мойки, что способствует снижению энергозатрат для поддержания оптимальной температуры моющего раствора на 20,677 кВт·ч (0,017778 Гкал) или на сумму 81,88 руб. на один подогрев.

5.5 Исследование и выбор активизирующей добавки по степени влияния на противокоррозионные свойства изделий

В главе 4 обосновано, что используемые в настоящее время в ремонтном производстве СМС нуждаются в повышении противокоррозионных свойств и основным способом решения этой задачи является использование в их составе ингибиторных добавок. В главе 4 приведено, что борные соединения обладают ингибиторными свойствами и являются экологически менее вредными добавками [91, 94, 184, 217, 219, 221, 295, 296, 297, 301, 314]. Однако их ингибиторные свойства изучены недостаточно. Не изучено влияние боратов на противокоррозионные свойства технологических растворов СМС в отношении черных металлов, а также на изменение их усталостной прочности, которые

напрямую влияют на ресурс мобильной техники и их агрегатов. 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, как полученные из недефицитного сырья. Черный металл широко применяется для изготовления деталей кузова и других агрегатов мобильной техники.

Противокоррозионные свойства добавок определяли в лабораторных и производственных условиях:

- путем потенциодинамического измерения плотности анодного тока при нескольких значениях потенциалов;
- гравиметрическим методом;
- методом снятия потенциодинамических поляризационных кривых стали в коррозионной среде;
- усталостными и коррозионно-усталостными испытаниями стали в коррозионной среде;
- по продолжительности времени (час, сутки) с момента завершения мойки до появления первых очагов коррозии на поверхности вымытых деталей в условиях комнатной температуры и относительной влажности 65-80%.

В лабораторных условиях ингибиторные свойства добавок в составе СМС были изучены потенциодинамическим измерением плотности анодного тока при различных значениях потенциалов, результаты которого приведены в Приложении В (таблица В.21). Значение плотности анодного тока прямо пропорционально скорости коррозии стали в коррозионной среде [300, 303, 307, 319]. Для экспериментов использовали потенциостат П-5848. В качестве электрода сравнения служил хлорсеребряный электрод (хсэ).

Из таблицы В.21 видно, что скорость растворения стали в растворах СМС с добавками ниже, чем в исходных растворах, следовательно, растворы СМС, содержащие добавки, проявляют более высокие противокоррозионные свойства.

Анализ данных таблицы В.21 показывает, что:

– противокоррозионные свойства растворов СМС уменьшаются в ряду:

$$\text{МС-8} > \text{Лабомид-203} > \text{МЛ-51};$$

– влияние исследованных добавок на противокоррозионные свойства растворов СМС уменьшается в ряду:

$$\text{МБК} > \text{МБН} > \text{МБЛ};$$

– при введении добавок значения плотности анодного тока при равных потенциалах уменьшаются в следующей последовательности:

$$\text{МБЛ} > \text{МБН} > \text{МБК};$$

– наибольшим противокоррозионным эффектом обладает 3%-й раствор МС-8 с добавкой 5г/л МБК.

По результатам исследований можно сделать вывод, что из изученных боратов наиболее эффективной добавкой к СМС является МБК.

В Приложении В (таблица В.22) и сводной таблице 5.14, рисунках 5.13-5.15 приведены результаты экспериментов по определению средней скорости коррозии ($K_{\text{ср}} = \frac{m_o - m_i}{St}$), ингибиторного эффекта ($\gamma_{\text{ср}} = \frac{K_{\text{оср}}}{K_{\text{ср}}}$) и степени защиты ($Z_{\text{ср.}} = \frac{K_{\text{оср.}} - K_{\text{ср}}}{K_{\text{ср}}} \cdot 100\%$) стали Ст. 45Х за 30 суток в 3%-м растворе NaCl в присутствии МЛ-51, Лабомида-203 и МС-8 концентрацией 3% без добавки и с добавкой МБК различной концентрации.

Из рисунка 5.13 видно, что с увеличением концентрации добавок до 5 г/л в 3%-м растворе NaCl в присутствии МЛ-51, Лабомида-203 и МС-8 концентрацией 3% за 30 суток скорость коррозии ($K_{\text{ср.}}$) стали Ст. 45Х интенсивно снижается. При дальнейшем увеличении концентрации добавок заметное снижение скорости коррозии стали Ст. 45Х в растворе не наблюдается, что подтверждает оптимальность их концентрации, равной 5 г/л, в растворах СМС.

Таблица 5.14 – Сводная таблица результатов эксперимента по определению средней скорости коррозии ($K_{cp.}$), ингибиторного эффекта ($\gamma_{cp.}$) и степени защиты ($Z_{cp.}$) стали Ст. 45Х за 30 суток в 3%-м растворе NaCl в присутствии МЛ-51, Лабомида-203 и МС-8 концентрацией 3% без добавки и с добавкой МБК различной концентрации

Наименование среды	Концентрация МБК в растворе, г/л	В 3%-м растворе NaCl		
		$K_{cp.}$, г/м ² ·ч·10 ⁻³	$\gamma_{cp.}$	$Z_{cp.}$, %
1	2	3	4	5
3%-й раствор NaCl (контроль)	0	31,23	1,0	0
3%-й раствор NaCl + 3%-й раствор МЛ-51	0	24,55	1,27	27,2
3%-й раствор NaCl + 3%-й раствор МЛ-51 + МБК	1	22,09	1,41	41,4
	2	20,57	1,52	51,8
	3	18,66	1,67	67,4
	4	17,08	1,83	82,8
	5	16,67	1,87	87,3
	6	16,65	1,87	87,6
3%-й раствор NaCl + 3%-й раствор Лабомида-203	0	23,72	1,32	31,7
3%-й раствор NaCl + 3%-й раствор Лабомида-203 + МБК	1	21,43	1,46	45,7
	2	19,24	1,62	62,3
	3	17,93	1,74	74,2
	4	16,53	1,89	88,9
	5	16,06	1,94	94,5
	6	16,05	1,95	94,58
3%-й раствор NaCl + 3%-й раствор МС-8	0	20,78	1,50	50,3
3%-й раствор NaCl + 3%-й раствор МС-8 + МБК	1	18,91	1,65	65,2
	2	18,20	1,72	71,6
	3	16,06	1,95	94,5
	4	15,99	1,96	96,2
	5	15,80	1,98	97,7
	6	15,78	1,98	97,9

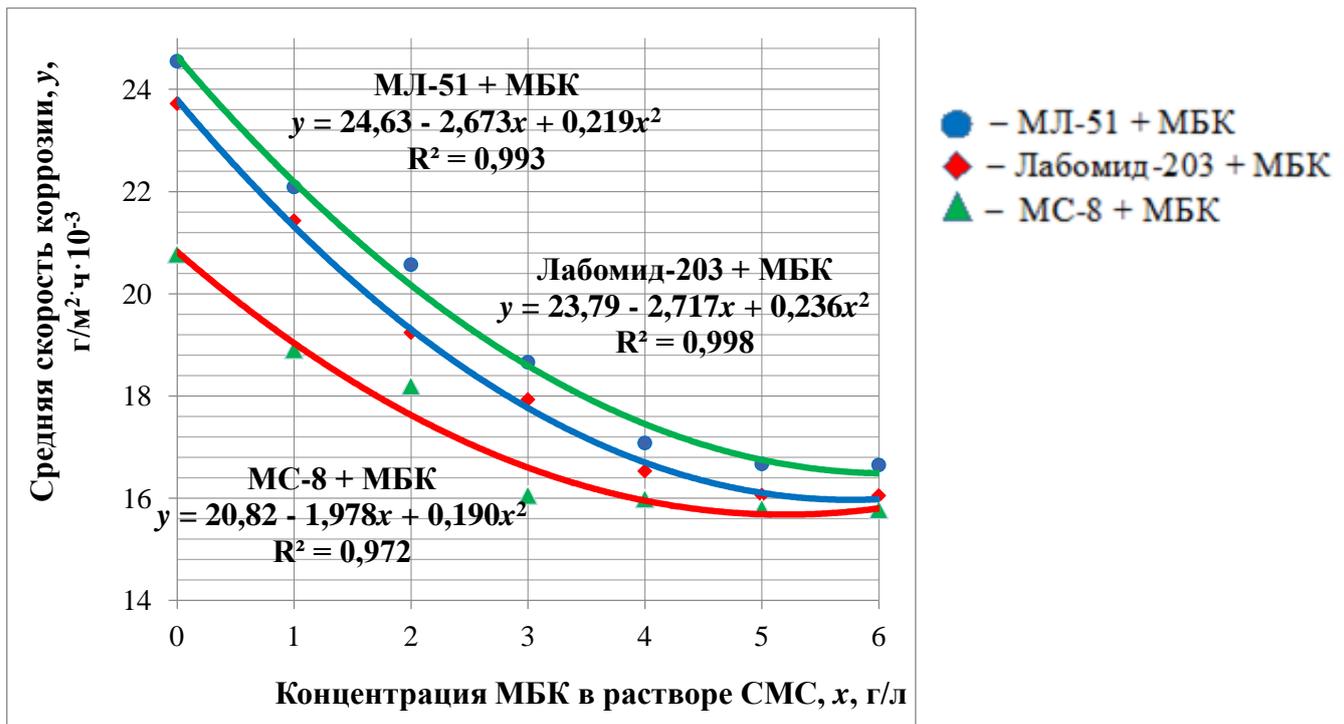


Рисунок 5.13 – Зависимость скорости коррозии ($K_{\text{ср}}$) стали Ст. 45X в 3%-х растворах NaCl в присутствии МЛ-51, Лабомида-203 и МС-8 концентрацией 3% от концентрации МБК за 30 суток

Анализируя графики на рисунке 5.13, можно сделать вывод, что лучшими ингибиторными свойствами обладает 3%-й раствор МС-8 в присутствии МБК концентрацией 5 г/л в 3%-м растворе NaCl, т.к. скорость коррозии стали Ст. 45X в таком технологическом растворе имеет минимальное значение, равное $15,8 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot 10^{-3}$ в сравнении со скоростью коррозии в 3%-х растворах Лабомида-203 ($16,06 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot 10^{-3}$) и МЛ-51 ($16,67 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot 10^{-3}$) в присутствии МБК концентрацией 5 г/л в 3%-м растворе NaCl.

Из рисунка 5.14 видно, что с увеличением концентрации добавок до 5 г/л ингибиторный эффект ($\gamma_{\text{ср}}$) 3%-го раствора NaCl в присутствии МЛ-51, Лабомида-203 и МС-8 концентрацией 3% за 30 суток для стали Ст. 45X интенсивно повышается. Дальнейшее увеличение концентрации добавки к заметному повышению ингибиторного эффекта растворов не приводит, что подтверждает оптимальность концентрации добавки, равной 5 г/л, в растворах МЛ-51, Лабомида-203 и МС-8.

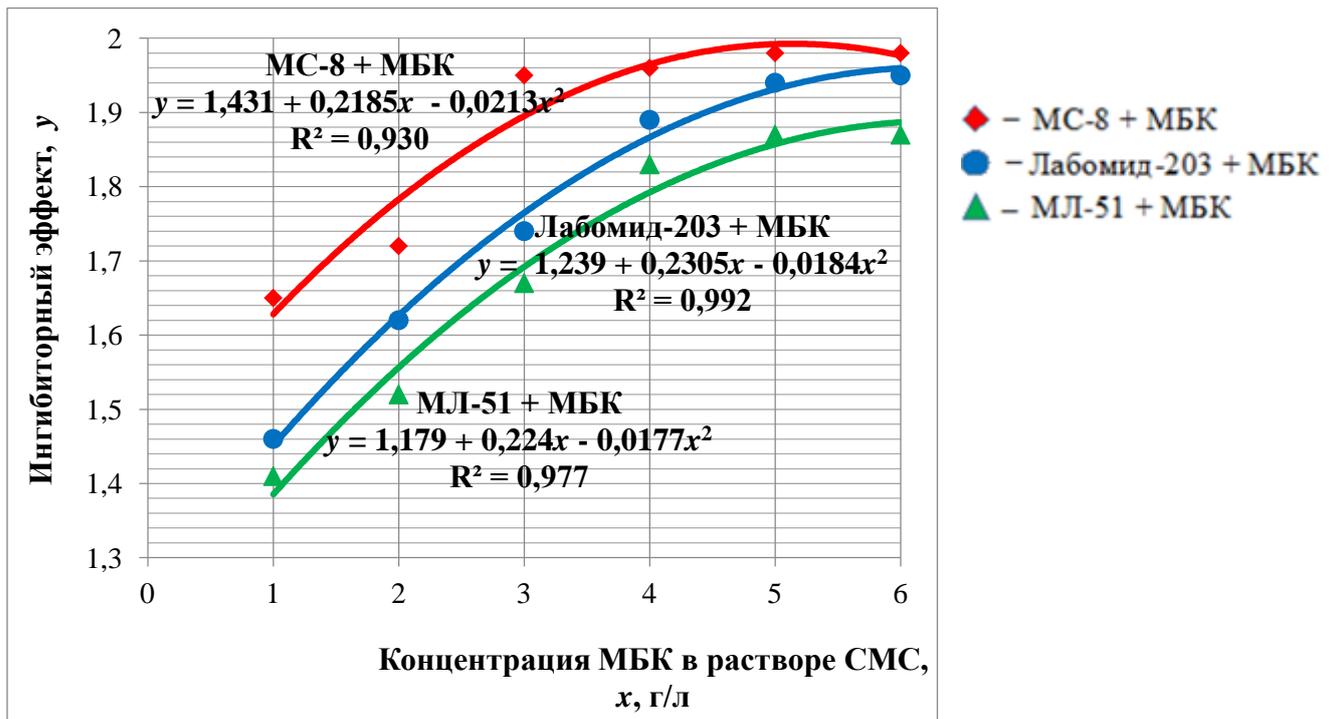


Рисунок 5.14 – Зависимость ингибиторного эффекта ($y_{\text{ср.}}$) стали Ст. 45Х в 3%-х растворах NaCl в присутствии MC-8, Лабомид-203 и МЛ-51 концентрацией 3% от концентрации МБК за 30 суток

Анализируя графики на рисунке 5.14, можно сделать вывод, что лучшим ингибиторным эффектом обладает 3%-й раствор MC-8 в присутствии МБК концентрацией 5 г/л, т.к. ингибиторный эффект для стали Ст. 45Х в таком технологическом растворе имеет максимальное значение, равное 1,98, в сравнении с ингибиторным эффектом 3%-х растворов Лабомид-203 (1,94) и МЛ-51 (1,87) в присутствии МБК концентрацией 5 г/л.

Из рисунка 5.15 видно, что с увеличением концентрации добавок степень защиты ($Z_{\text{ср.}}$) от коррозии 3%-го раствора NaCl в присутствии МЛ-51, Лабомид-203 и MC-8 концентрацией 3% за 30 суток для стали Ст. 45Х интенсивно повышается, достигая максимального значения, равного 97,7%, при концентрации 5 г/л. При увеличении концентрации боратов свыше 5 г/л заметное повышение степени защиты растворов не наблюдается, что подтверждает оптимальность концентрации боратов, равной 5 г/л, в растворах МЛ-51, Лабомид-203 и MC-8.

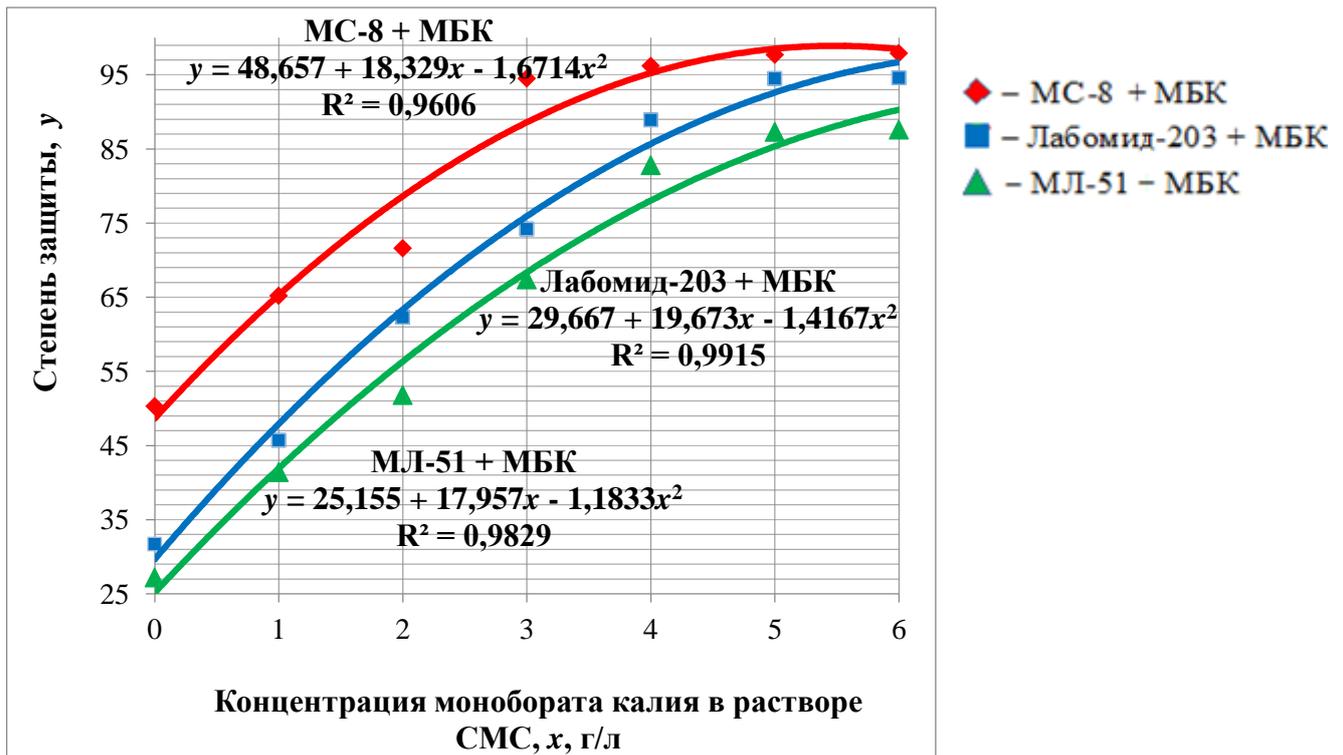


Рисунок 5.15 – Зависимость степени защиты (Z_{cp}) стали Ст. 45X в 3%-х растворах NaCl в присутствии МС-8, Лабомид-203 и МЛ-51 концентрацией 3% от концентрации МБК за 30 суток

Анализируя графики, можно сделать вывод, что лучшей степенью защиты обладает 3%-й раствор МС-8 в присутствии МБК концентрацией 5 г/л, т.к. степень защиты от коррозии стали Ст. 45X в таком технологическом растворе имеет максимальное значение, равное 97,7%, в сравнении со степенью защиты 3%-х растворов Лабомид-203 (94,5%) и МЛ-51 (87,3%) в присутствии МБК концентрацией 5 г/л.

Была выдвинута гипотеза о возможности улучшения противокоррозионных свойств моющих средств. Для подтверждения или отклонения гипотезы было изучено влияние МБК на скорость коррозии стали Ст. 45X в 3%-х водных растворах СМС. Исследования проводились по методике, изложенной в [282]. Для этого образцы из стали Ст. 45X погружали в 3%-е водные растворы МЛ-51, МС-8 и Лабомид-203 с добавкой МБК концентрацией 5 г/л и выдерживали в растворе СМС температурой 80-90°C в течение 10 часов, потом их извлекали из раствора и оставляли на воздухе на

14 часов. Это составляло один цикл испытаний. Испытания состояли из 5 циклов или 120 часов (рисунок 5.16). После каждого цикла по 5 образцов обрабатывали, взвешивали, по результатам которых определяли скорость коррозии согласно [282].

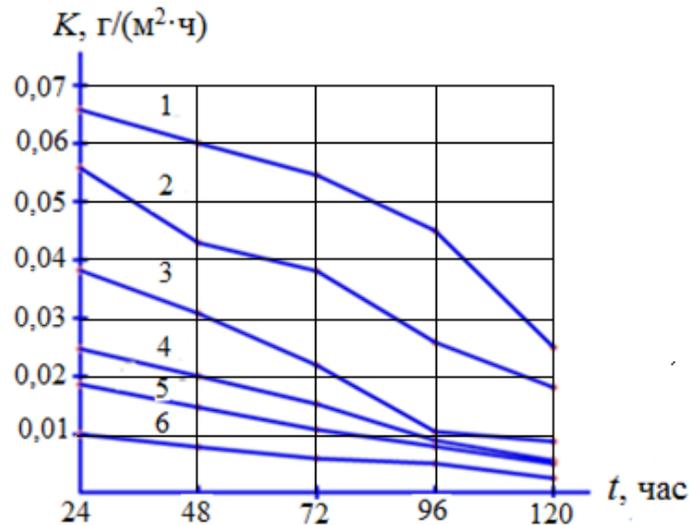


Рисунок 5.16 – Влияние МБК на скорость коррозии стали Ст 45Х в 3%-х растворах: 1 – МЛ-51; 2 – Лабомида-203; 3 – МС-8; 4 – МЛ-51 + 5 г/л МБК; 5 – Лабомида-203 + 5 г/л МБК; 6 – МС-8 + 5 г/л МБК

Коррозионные испытания показали, что скорость коррозии стали Ст. 45Х в растворе МЛ-51 после 24 и 120 ч. испытания составляла 0,066 г/(м²·ч) и 0,025 г/(м²·ч); в растворе Лабомида-203 – 0,056 г/(м²·ч) и 0,018 г/(м²·ч); в растворе МС-8 – 0,038 г/(м²·ч) и 0,008 г/(м²·ч) соответственно.

Наибольший ингибиторный эффект был получен при введении МБК в растворы СМС. По этой причине для дальнейших коррозионных исследований выбираем МБК концентрацией 5 г/л.

Из рисунка 5.16 следует, что в присутствии МБК скорость коррозии стали в растворах исследуемых СМС понижается.

Влияние присутствия МБК в растворах СМС на коррозионно-электрохимическое поведение стали Ст. 45Х изучено методом снятия потенциодинамических поляризационных кривых (рисунок 5.17).

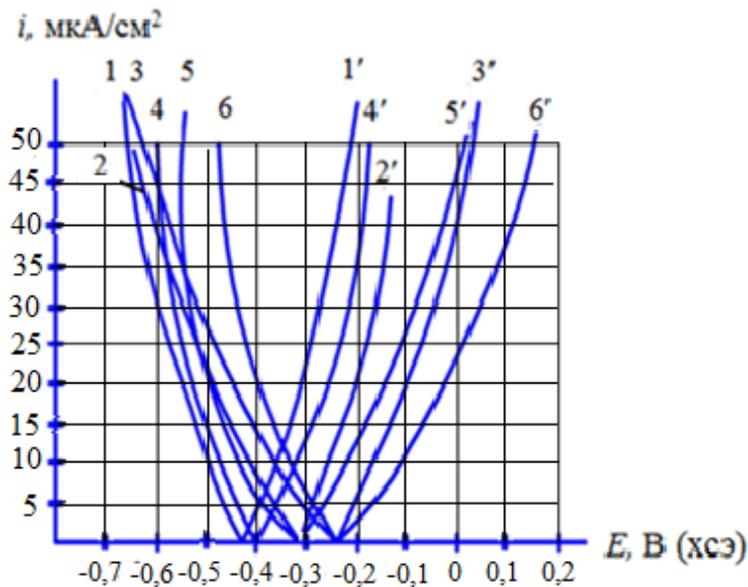


Рисунок 5.17 – Анодные и катодные потенциодинамические поляризационные кривые стали Ст. 45X в 3%-х растворах: МЛ-51 – 1-1'; Лабомида-203 – 2-2'; МС-8 – 3-3'; МЛ-51 + 5 г/л МБК – 4-4'; Лабомида-203 + 5 г/л МБК – 5-5'; МС-8 + 5 г/л МБК – 6-6'

Растворы МЛ-51, МС-8 и Лабомида-203 в присутствии МБК концентрацией 5 г/л имеют лучшие противокоррозионные свойства, чем без МБК. Причем, противокоррозионные свойства этих СМС и без добавки, и с добавкой МБК меняются в последовательности: МС-8 > Лабомид-203 > МЛ-51.

Из рисунка 5.17 видно, что присутствие МБК в растворах СМС (кривые 4-4', 5-5', 6-6') способствует смещению потенциала растворения металла в более положительную сторону относительно потенциала коррозии ($E_{кор.} = -0,44$ В) в фоновом электролите.

Результаты электрохимических и гравиметрических исследований коррелируют друг с другом [290], при этом МБК преимущественно замедляет анодный процесс.

Информация о ингибиторных свойствах МБЛ, МБН, МБК в 3%-м растворе МС-8 также была получена путем измерения стационарных потенциалов стали Ст. 45X. Результаты приведены в таблице 5.15 и на рисунке 5.18.

Электродный потенциал стали с введением и МБЛ (кривая 2), и МБН (кривая 3), и МБК (кривая 4) в 3%-м растворе МС-8 интенсивно повышается,

что можно заметить сравнивая с электродным потенциалом стали в 3%-м растворе МС-8 без добавки боратов (кривая 1), и после 24 часов нахождения стали в растворе его рост прекращается (рисунок 5.18). По пассивирующему действию соединения бора, используемые в качестве ингибирующих добавок в СМС, ранжируются в следующей последовательности: МБК > МБН > МБЛ.

Таблица 5.15 – Изменение стационарного потенциала стали Ст 45Х в 3%-х растворах МС-8 во времени без добавок и с добавками

Состав раствора	Время, час						
	0	4	8	12	16	20	24
3%-й раствор МС-8	-0,44	-0,33	-0,32	-0,3	-0,29	-0,28	-0,26
3%-й раствор МС-8 + + 5 г/л МБЛ	-0,44	-0,32	-0,3	-0,29	-0,27	-0,26	-0,24
3%-й раствор МС-8 + + 5 г/л МБН	-0,44	-0,31	-0,29	-0,26	-0,24	-0,23	-0,21
3%-й раствор МС-8 + + 5 г/л МБК	-0,44	-0,3	-0,27	-0,25	-0,23	-0,21	-0,19

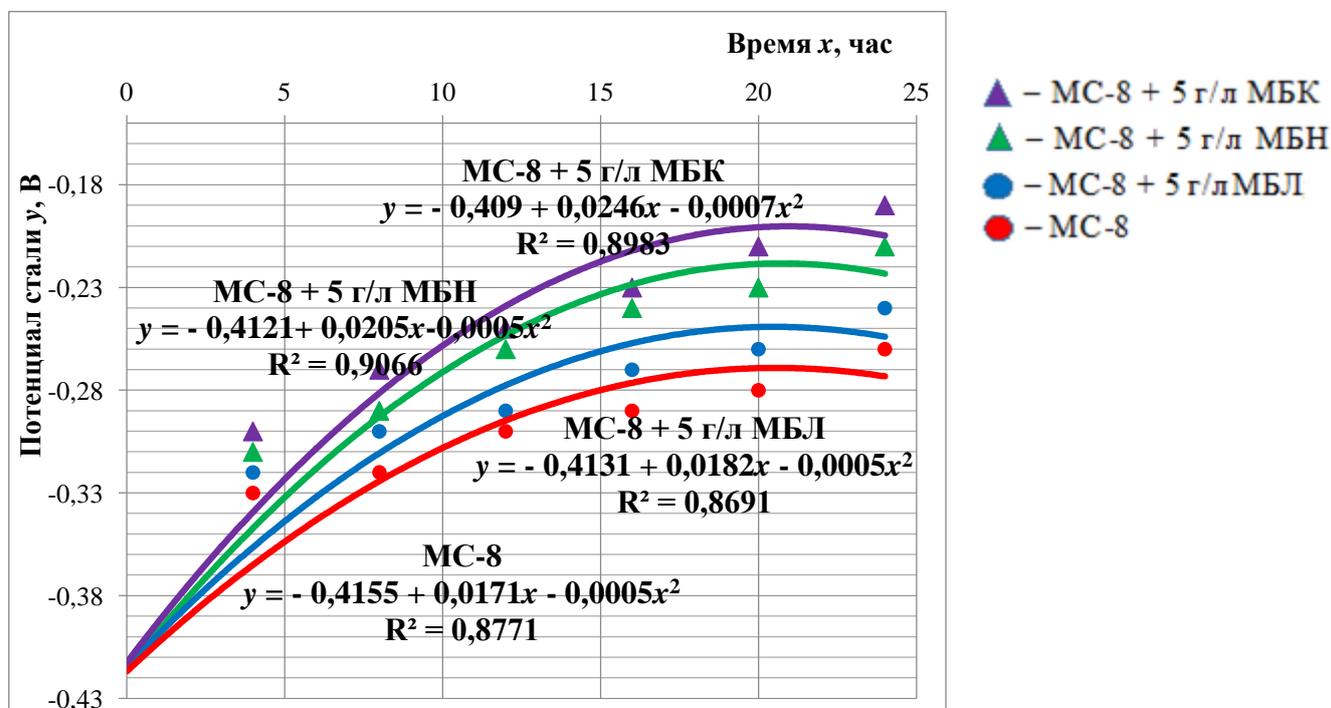


Рисунок 5.18 – Изменение стационарного потенциала стали Ст. 45Х во времени в 3%-х растворах МС-8 без добавки и с добавкой моноборатов

Электрохимические измерения (рисунок 5.18) указывают на то, что при

анодной поляризации металл в изучаемых растворах сразу переходит в пассивное состояние. Присутствие МБК концентрацией 5 г/л в 3%-м растворе МС-8 снижает скорость коррозии стали в сравнении с 3%-м раствором МС-8 без добавки МБК на 1,2-1,5 мкА/см². Пассивация металла объясняется смещением его потенциала в более положительную сторону. По результатам электрохимических исследований можно утверждать, что присутствие МБЛ, МБН, МБК в растворах СМС повышает их противокоррозионные качества, при этом все они являются ингибиторами анодного действия.

Экспериментально доказано, что увеличение концентрации МБЛ, МБН, МБК в растворах СМС расширяет границы области пассивного состояния металла. С увеличением концентрации добавок до 5 г/л сталь все больше переходит в пассивное состояние, а дальнейшее увеличение концентрации добавок незначительно влияет на изменение ингибирующего эффекта.

Присутствие в растворах СМС добавок МБЛ, МБН, МБК формирует на поверхности металла защитную оксидную пленку, что способствует пассивации стали. Пассивация стали также может быть обусловлена и хемосорбцией борат-анионов на поверхности металла в условиях коррозии металла с кислородной деполяризацией, что не противоречит выводам, полученным в [258]. Ингибирующая способность боратов зависит от природы катионов и анионов.

В производственных условиях противокоррозионные свойства добавок определяли по продолжительности времени (сутки) с момента завершения мойки в исследуемых растворах до появления первых очагов коррозии на поверхности вымытых деталей. В качестве моющих растворов использовали 3%-е растворы СМС с добавкой МБЛ, МБН, МБК, ТБА и ПБА концентрацией 1,0, 2,5, 5,0 и 6,0 г/л. Методика исследований изложена в главе 3. Условия экспериментов были идентичны с условиями проведения исследований противокоррозионных свойств СМС. Результаты исследования продолжительности времени до появления первых очагов коррозии на поверхности стали Ст. 45Х после мойки в 3%-х растворах Лабомида-203, МС-8

и МЛ-51 в зависимости от концентрации добавок приведены в Приложении В (таблица В.23).

Из анализа полученных результатов (таблица В.23) видно, что наиболее эффективной концентрацией добавок в моющем растворе СМС является концентрация, равная 6,0 г/л, но, сравнивая результаты при концентрациях 5,0 и 6,0 г/л, можно убедиться, что они отличаются незначительно. В связи с этим и из экономических соображений концентрацию боратов в моющем растворе СМС принимаем на уровне 5,0 г/л.

В таблице 5.16 и рисунке 5.19 показаны выборочные данные исследования продолжительности времени до появления первых очагов коррозии на поверхности стали Ст. 45Х после мойки в 3%-х растворах СМС с добавкой концентрацией 5 г/л.

Таблица 5.16 – Продолжительность времени до появления первых очагов коррозии на поверхности стали Ст. 45Х после мойки в 3%-х растворах СМС с добавкой концентрацией 5 г/л, в сутках

Моющие композиции с 3%-й концентрацией СМС	Наименование добавок				
	МБЛ	МБН	МБК	ТБА	ПБА
Лабомида-203	13,0	16,2	17,6	11,8	14,0
МС-8	19,0	17,4	22,2	18,6	20,2
МЛ-51	17,0	19,4	21,0	18,0	19,0

Параллельно были проведены испытания с образцами из стали 08 кп после мойки в тех же многокомпонентных технологических растворах в условиях производственного участка ТО и ремонта мобильной техники. Результаты испытания образцов из Ст. 45Х практически мало отличаются от результатов испытания образцов из стали 08 кп.

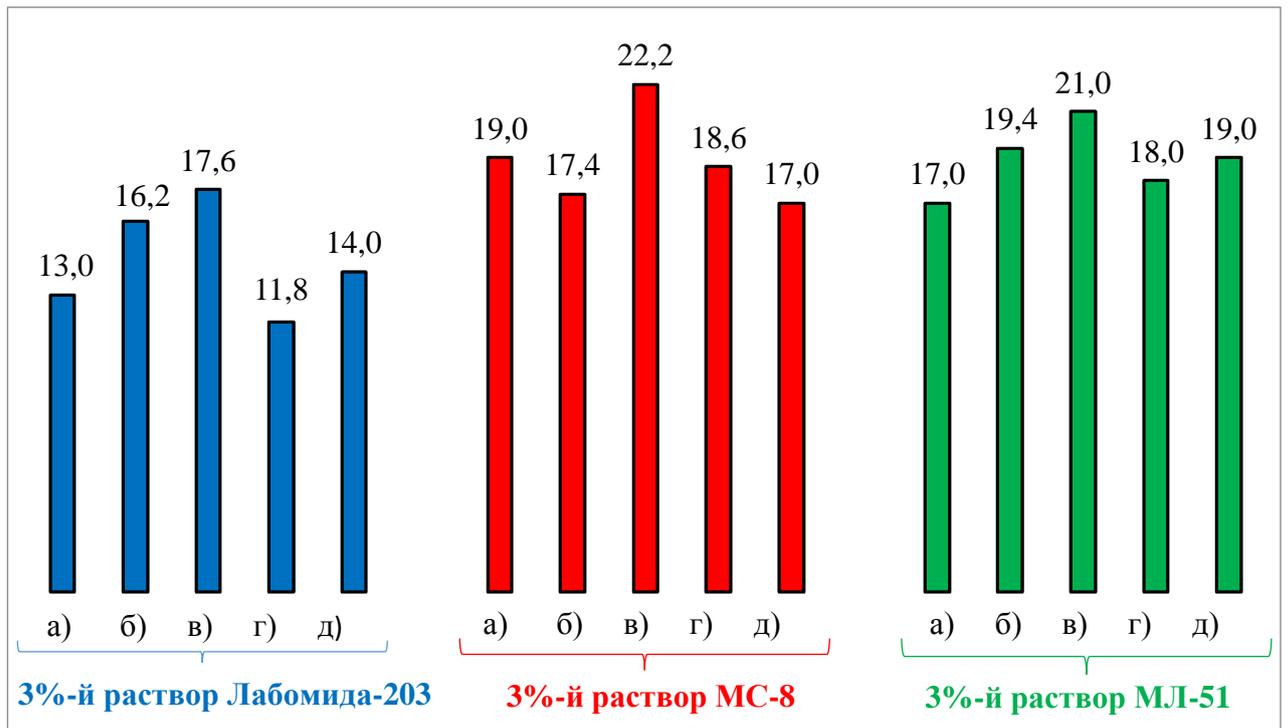


Рисунок 5.19 – Продолжительность времени до появления первых очагов коррозии на поверхности стали Ст. 45Х после мойки в 3%-х растворах СМС с добавками концентрацией 5 г/л, сутки: а) МБЛ; б) МБН; в) МБК; г) ТБА; д) ПБА

На рисунке 5.20 схематично изображены составляющие качества СМС с добавками боратов.

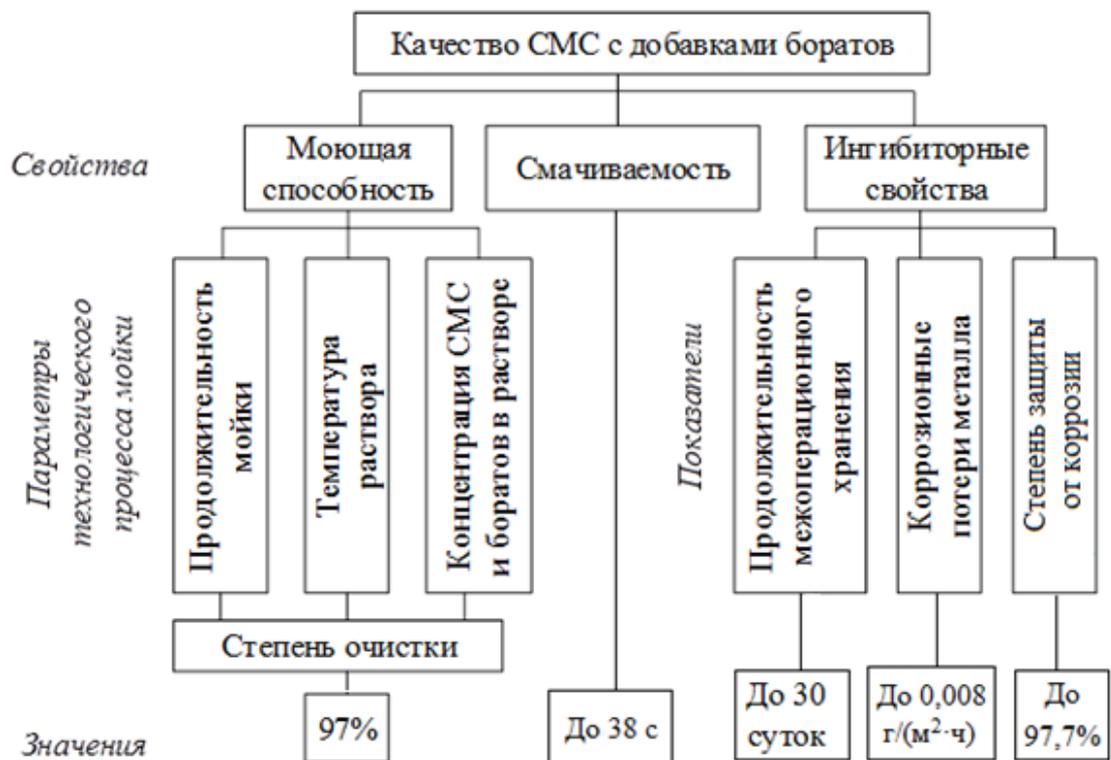


Рисунок 5.20 – Составляющие качества СМС с добавками боратов

5.6 Исследование влияния активизирующих добавок на коррозионно-усталостную прочность стали в растворах синтетических моющих средств

Имеются сведения [5, 183, 205], что снижение циклической прочности стали в первую очередь зависит от коррозионных и коррозионно-механических поражений. Добавление ингибитора уменьшает эффективность разрушающих факторов, снижающих прочность металла. Следовательно, исследование боратов в качестве добавок, влияющих на коррозионную усталость металла в растворах моющих средств, является актуальным и представляет определенный интерес.

Для проведения экспериментов использовали моющее средство МС-8 с добавкой 5 г/л МБК, т.к. этот состав по результатам предыдущих экспериментов был наиболее эффективным в сравнении с другими проверенными составами.. Характеристика, методика подготовки образцов, проведения самого эксперимента нами описываются в главе 3 по аналогии [276]. За базу испытаний принято $N = 2 \cdot 10^6$ циклов. Материал образцов сталь Ст. 45Х. Испытания проведены в растворе МС-8 без присутствия и в присутствии МБК. Результаты коррозионных и коррозионно-усталостных испытаний приводятся на рисунке 5.21 (кривые 1, 2, 3).

С целью определения характера разрушающих факторов, снижающих циклическую прочность образца, нами получены усталостные кривые на воздухе после выемки образца из изучаемых растворов (кривые 4 и 5, рисунок 5.21), по которым можно судить о суммарной потере циклической прочности образца, равной 56 МПа. Это значение определяется сравнивая кривые 1 и 2 при $N = 2 \cdot 10^6$ циклов. Также по графикам можно определить, что в суммарной потере циклической прочности на долю чисто коррозионных поражений ($\sigma_N^{ч.к.}$) приходится 74,1% (41 МПа), а на долю коррозионно-механических ($\sigma_N^{к.-м.}$) – 25,9% (15 МПа). Это определяется, сравнивая кривые 1, 2 и 4.

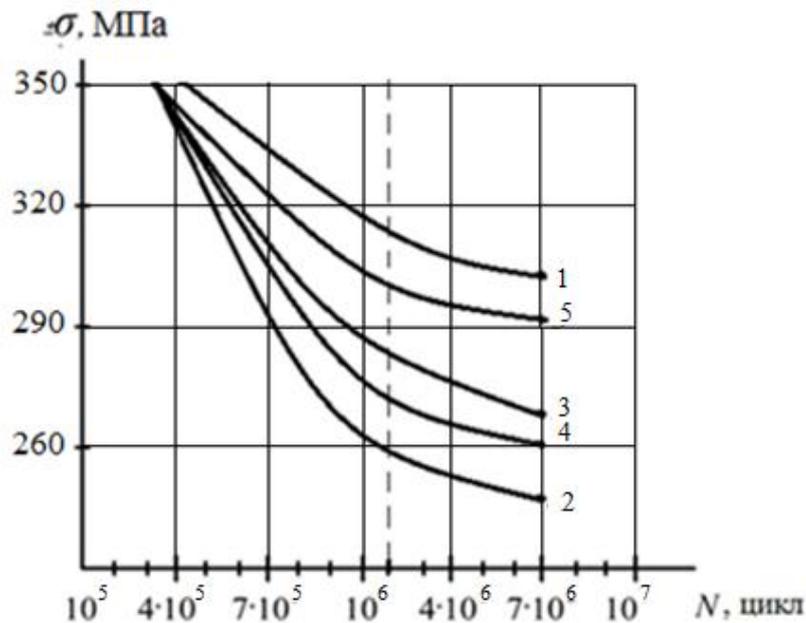


Рисунок 5.21 – Кривые усталости и коррозионной усталости стали Ст45Х:
 1 – в воздухе; 2 – в 3%-м растворе МС-8; 3 – в 3%-м растворе МС-8 с добавкой
 5 г/л МБК; 4 – в воздухе после выемки из 3%-го раствора МС-8; 5 – в воздухе
 после выемки из 3%-го раствора МС-8 с добавкой 5 г/л МБК

Сравнивая кривые 2 и 3 на рисунке 5.21 можно утверждать, что присутствие МБК в количестве 5 г/л в коррозионной среде, снижая агрессивность разрушающих факторов (кривые 1, 3 и 5), повышает циклическую прочность образца.

Такое свойство МБК можно объяснить тем, что он влияет на уменьшение действия микроэлементов и специфических пар Эванса, с деятельностью которых связывают коррозионно-механические поражения.

Результаты коррозионно-усталостных испытаний доказывают, что МБК уменьшая действие разрушающих факторов на циклическую прочность, способствует увеличению коэффициента запаса циклической прочности металла в исследуемой среде и является наиболее эффективной добавкой к СМС, используемой для мойки деталей, которые вторично используются при ремонте узлов и агрегатов автомобилей и другой мобильной техники.

5.7 Результаты исследования зависимости степени очистки от соотношения компонентов в многокомпонентном моющем растворе

Исследования зависимости степени очистки от совместного влияния концентраций СМС и добавок проведены с растворами Лабомида-203, МС-8, МЛ-51 с добавками МБЛ, МБН, МБК. Эксперименты проведены с использованием разработанной матрицы (таблица 5.17) в соответствии с планом эксперимента в следующей последовательности.

Таблица 5.17 – Матрица планирования эксперимента плана $N = 2^2$

Наименование	Значения переменных, %	
	x_1	x_2
Основной уровень O_{x_i}	3	0,5
Интервал варьирования λ_i	1	0,15
Верхний уровень $O_{x_i} + \lambda_i$	4	0,65
Нижний уровень $O_{x_i} - \lambda_i$	2	0,35

1. Исследуемые концентрации:

x_1 – концентрация синтетического моющего средства Лабомида-203, %;

x_2 – концентрация добавки МБЛ, г/л.

Таблица 5.18 – 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
1	25	41,98520	45,41220	3,427	42,53009	0,5449	84,1	83,9
	26	42,31055	45,58530	3,2748	42,84433	0,5338	83,7	
	27	42,36300	45,75300	3,39	42,90879	0,5458	83,9	
2	28	42,14035	46,24400	4,1037	42,78873	0,6484	84,2	84,5
	29	41,23010	45,42005	4,19	41,89211	0,662	84,2	
	30	41,10175	46,33085	5,2291	41,88089	0,7791	85,1	

Продолжение таблицы 5.18

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	31	41,25106	44,59505	3,344	41,81619	0,5651	83,1	83,6
	32	42,26235	45,95140	3,6891	42,85629	0,5939	83,9	
	33	42,44010	45,77460	3,3345	42,98029	0,5402	83,8	
4	34	42,30570	45,69590	3,3902	42,84474	0,5390	84,1	84,0
	35	41,95505	45,84910	3,8941	42,56642	0,6114	84,3	
	36	42,20930	45,51030	3,301	42,75066	0,5414	83,6	

Таблица 5.19 – План, результаты экспериментов и расчет

№ 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	84,1	83,7	83,9	83,9	0,04
2	+1	+1	-1	-1	84,2	84,2	85,1	84,5	0,27
3	+1	-1	+1	-1	83,1	83,9	83,8	83,6	0,19
4	+1	+1	+1	+1	84,1	84,3	83,6	84,0	0,13
$\sum_{j=1}^n S_j^2 = 0,63$									

Вычисляем коэффициенты уравнения регрессии, показывающего зависимость степени очистки от концентраций Лабомида-203 и МБЛ:

$$b_0 = \frac{1}{4} \cdot (83,9 + 84,5 + 83,6 + 84,0) = 84,0;$$

$$b_1 = \frac{1}{4} \cdot (-83,9 + 84,5 - 83,6 + 84,0) = 0,25;$$

$$b_2 = \frac{1}{4} \cdot (-83,9 - 84,5 + 83,6 + 84,0) = -0,2;$$

$$b_{12} = \frac{1}{4} \cdot (83,9 - 84,5 - 83,6 + 84,0) = -0,05.$$

$$y = 84,0 + 0,25x_1 - 0,2x_2 - 0,05x_1x_2.$$

Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии по критерию Кохрена:

$$G_p = \frac{S_{jmax}^2}{\sum_{j=1}^N S_j^2} = \frac{0,27}{0,63} = 0,43;$$

При $N = 4$ и $\gamma = 0,95$ табличное значение критерия Кохрена:

$$G_{табл}(\gamma=0,95; N=4) = 0,768,$$

$G_p < G_{табл.}$ – эксперименты воспроизводимы.

Статистический анализ уравнения регрессии:

а) дисперсия воспроизводимости:

$$S^2[y] = \frac{\sum_{j=1}^N S_j^2}{N} = \frac{0,63}{4} = 0,158;$$

б) дисперсия среднего значения:

$$S^2[\bar{y}] = \frac{S^2[y]}{m} = \frac{0,158}{3} = 0,053;$$

в) дисперсия коэффициентов регрессии:

$$S^2\{b_i\} = \frac{S^2[\bar{y}]}{N} = \frac{0,053}{4} = 0,013;$$

г) ошибка коэффициентов регрессии:

$$S\{b_i\} = \sqrt{S^2\{b_i\}} = \sqrt{0,013} = 0,115;$$

д) значимость коэффициентов регрессии:

$$b_i \geq S\{b_i\} \cdot t_{(\gamma=0,95; v=N(m-1))};$$

$$b_i \geq 0,115 \dots 2,31;$$

$$b_i \geq 0,2388 \text{ – все коэффициенты уравнения значимы.}$$

В окончательном виде уравнение регрессии будет:

$$Z = 84,0 + 0,25x_1 - 0,2x_2.$$

Аналогичные исследования и статистическая обработка их результатов проведены с раствором Лабомида-203 с добавками МБН, МБК, с растворами МС-8 и МЛ-51 с добавками МБЛ, МБН, МБК.

Полученные уравнения регрессии зависимости степени очистки от концентраций СМС (x_1) и соединений бора (x_2) сведем в таблицу 5.20 (постановка многофакторного эксперимента плана $N = 2^2$ при основном уровне концентрации СМС (x_1) 3% и добавок (x_2) 0,5% при варьировании факторов 1% и 0,15% соответственно).

Используя полученные уравнения регрессии зависимости степени очистки от концентраций СМС и добавок можно при разработке технологических процессов мойки обоснованно выбирать состав моющего

раствора в зависимости от требуемой степени очистки изделий от загрязнений.

Таблица 5.20 – Уравнения регрессии зависимости степени очистки от совместного влияния концентраций СМС и добавок на основе результатов исследований

Наименование СМС	Наименование добавок	Уравнение регрессии
Лабомид-203	МБЛ	$z = 84,0 + 0,25x_1 - 0,2x_2$
	МБН	$z = 91,3 - 0,15x_1 - 0,4x_2$
	МБК	$z = 92,8 + 0,2x_1x_2$
МС-8	МБЛ	$z = 90,7 + 0,85x_2 + 0,2x_1x_2$
	МБН	$z = 93,6 + 0,4x_1 + 1,0x_2 - 0,8x_1x_2$
	МБК	$z = 97,9 + 0,2x_1 + 0,1x_2 - 0,3x_1x_2$
МЛ-51	МБЛ	$z = 83,8 + 0,2x_1 + 0,4x_2 - 0,2x_1x_2$
	МБН	$z = 86,4 + 0,45x_1 + 0,45x_2$
	МБК	$z = 88,2 - 0,7x_2$

5.8 Решение двухкритериальной задачи выбора моющего средства и его концентрации

Результаты экспериментов для решения задач выбора оптимальных концентраций МС-8, Лабомида-203 и МЛ-51 в моющих растворах представлены в таблицах 5.21 – 5.23.

Условия экспериментов: объем ванны – 1000 л. Цена МС-8 – 75 руб./кг; Лабомида-203 – 65 руб./кг; МЛ-51 – 60 руб./кг.

Таблица 5.21 – Влияние концентрации МС-8 в моющем растворе на степень очистки деталей и продолжительность времени до появления первых очагов коррозии

Наименование показателя	Концентрация МС-8 в моющем растворе, %					
	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Степень очистки, %	8,5	32,17	68,19	83,6	84,2	85,0
Продолжительность времени до появления первых очагов коррозии, сутки	2,4	5,6	7,2	8,4	8,8	9,8

Стоимость 1%-й концентрации МС-8 в моющем растворе:

$$C_1 = 1000 \times \frac{10}{1000} \times 75 = 750 \text{ руб.}$$

Пусть первый игрок выбирает концентрацию МС-8 в моющем растворе 2%. Это будет ему стоить

$$750 \times 2 = 1500 \text{ руб.}$$

Второй игрок может принять это решение с той же стоимостью, а может постараться его улучшить.

Если он принимает решение увеличить концентрацию МС-8 в моющем растворе до 3%, общая стоимость этого решения

$$750 \times 3 = 2250 \text{ руб.,}$$

а стоимость улучшения предыдущего решения – 750 руб., что в расчете на 1 сутки увеличения времени до появления первых очагов коррозии составляет:

$$750 : (8,4 - 7,2) = 625,0 \text{ руб./сут.}$$

Это решение первому игроку также обойдется в дополнительные 2500 руб., что в расчете на 1% улучшения степени очистки составляет:

$$750 : (83,6 - 68,19) = 48,67 \text{ руб./1\%}.$$

Второй игрок может увеличить концентрацию МС-8 в моющем растворе до 4%. В этом случае его расходы достигнут

$$750 \times 4 = 3000 \text{ руб.,}$$

а стоимость улучшения предыдущего решения – 750 руб., что в расчете на 1 сутки увеличения времени до появления первых очагов коррозии составляет:

$$750 : (8,8 - 8,4) = 1875 \text{ руб./сут.}$$

В этом случае второй игрок может принять вполне обоснованное решение, что небольшое улучшение противокоррозионных свойств раствора достигается с неоправданно большими затратами.

Для первого игрока увеличение концентрации МС-8 в моющем растворе до 4% вызовет дополнительные расходы 750 руб., что в расчете на 1% улучшения степени очистки составляет:

$$750 : (84,2 - 83,6) = 1250 \text{ руб./1\%}.$$

Стоимость 1%-й концентрации Лабомида-203 в моющем растворе:

$$C_1 = 1000 \times \frac{10}{1000} \times 65 = 650 \text{ руб.}$$

Пусть первый игрок выбирает концентрацию Лабомида-203 в моющем растворе 2%. Это будет ему стоить

$$650 \times 2 = 1300 \text{ руб.}$$

Второй игрок может принять это решение с той же стоимостью, а может постараться его улучшить. Если он принимает решение увеличить концентрацию Лабомида-203 в моющем растворе до 3%, общая стоимость этого решения

$$650 \times 3 = 1950 \text{ руб.},$$

а стоимость улучшения предыдущего решения – 650 руб., что в расчете на 1 сутки увеличения времени до появления первых очагов коррозии составляет:

$$650 : (6,4 - 4,6) = 361,1 \text{ руб./сут.}$$

Таблица 5.22 – Влияние концентрации Лабомида-203 в моющем растворе на степень очистки деталей и продолжительность времени до появления первых очагов коррозии

Наименование показателя	Концентрация Лабомида-203 в моющем растворе, %					
	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Степень очистки, %	8,52	28,14	66,80	81,45	82,35	83,0
Продолжительность времени до появления первых очагов коррозии, сутки	2,4	4,0	4,6	6,4	7,4	8,0

Это решение первому игроку также обойдется в дополнительные 650 руб., что в расчете на 1% улучшения степени очистки составляет:

$$650 : (81,45 - 66,80) = 44,37 \text{ руб./1\%}.$$

Второй игрок может увеличить концентрацию Лабомида-203 в моющем растворе до 4%. В этом случае его расходы достигнут

$$650 \times 4 = 2600 \text{ руб.},$$

а стоимость улучшения предыдущего решения – 650 руб., что в расчете на 1 сутки увеличения времени до появления первых очагов коррозии составляет:

$$650 : (7,4 - 6,4) = 650 \text{ руб./сут.}$$

В этом случае второй игрок может принять вполне обоснованное решение, что небольшое улучшение противокоррозионных свойств раствора достигается с неоправданно большими затратами.

Для первого игрока увеличение концентрации Лабомида-203 в моющем растворе до 4% вызовет дополнительные расходы в 650 руб., что в расчете на 1% улучшения степени очистки составляет

$$650 : (82,35 - 81,45) = 722,22 \text{ руб./1\%}.$$

Стоимость 1%-й концентрации МЛ-51 в моющем растворе:

$$C_1 = 1000 \times \frac{10}{1000} \times 60 = 600 \text{ руб.}$$

Таблица 5.23 – Влияние концентрации МЛ-51 в моющем растворе на степень очистки деталей и продолжительность времени до появления первых очагов коррозии

Наименование показателя	Концентрация МЛ-51 в моющем растворе, %					
	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Степень очистки, %	8,52	30,10	67,36	80,20	81,20	82,00
Продолжительность времени до появления первых очагов коррозии, сутки	2,4	3,0	3,0	5,0	5,1	5,4

Пусть первый игрок выбирает концентрацию МЛ-51 в моющем растворе 2%. Это будет ему стоить

$$600 \times 2 = 1200 \text{ руб.}$$

Второй игрок может принять это решение с той же стоимостью, а может постараться его улучшить. Если он принимает решение увеличить концентрацию МЛ-51 в моющем растворе до 3%, общая стоимость этого решения

$$600 \times 3 = 1800 \text{ руб.,}$$

а стоимость улучшения предыдущего решения – 600 руб., что в расчете на 1 сутки увеличения времени до появления первых очагов коррозии составляет:

$$600 : (5,0 - 3,0) = 300,0 \text{ руб./сут.}$$

Это решение первому игроку также обойдется в дополнительные 600 руб., что в расчете на 1% улучшения степени очистки составляет:

$$600 : (80,20 - 67,36) = 46,73 \text{ руб./1\%}.$$

Второй игрок может увеличить концентрацию МЛ-51 в моющем растворе до 4%. В этом случае его расходы достигнут

$$600 \times 4 = 2400 \text{ руб.},$$

а стоимость улучшения предыдущего решения – 600 руб., что в расчете на 1 сутки увеличения времени до появления первых очагов коррозии составляет:

$$600 : (5,1 - 5,0) = 6000 \text{ руб./сут.}$$

В этом случае второй игрок может принять вполне обоснованное решение, что небольшое улучшение противокоррозионных свойств раствора достигается с неоправданно большими затратами.

Для первого игрока увеличение концентрации МЛ-51 в моющем растворе до 4% вызовет дополнительные расходы в 600 руб., что в расчете на 1% улучшения степени очистки составляет

$$600 : (81,2 - 80,2) = 600,0 \text{ руб./1\%}.$$

Таким образом, полученные максиминная стратегия первого игрока и минимаксная стратегия второго игрока являются оптимальными, так как любое одностороннее отклонение одной из сторон от решения, предусматривающего концентрацию рассмотренных СМС в моющем растворе 3%, может быть для нее только невыгодно.

5.9 Выводы по главе 5

1. Известно, что продолжительность мойки деталей от загрязнений моющим раствором каустической соды в моющих установках модели КМ-3 и МД-2 составляет 10-14 мин. Однако в нормативных материалах и литературных источниках сведения о продолжительности мойки деталей в растворах

Лабомида-203, МС-8 и МЛ-51 отсутствуют. В результате проведенных нами исследований установлено, что зависимость степени очистки образцов от продолжительности мойки имеет линейный характер. Исходя из того, что в условиях ремонтного производства не требуется 100%-я очистка поверхностей узлов, агрегатов и деталей, рациональная продолжительность мойки определена из условия 80%-й степени очистки и для 3%-го водного раствора Лабомида-203 составила 4,5-5 мин.

2. Результаты экспериментов по исследованию зависимости степени очистки образцов от температуры моющего раствора показали, что эта зависимость аппроксимируется полиномом 3-й степени. Для достижения (80-90)%-й очистки образцов от загрязнений температура моющего раствора должна быть в пределах от 80 до 90°C.

3. В качестве добавок для повышения моющих свойств растворов СМС использовались бораты щелочных металлов и аммония, так как они проявляют моющие свойства в водных средах и являются экологически менее вредными добавками. Была поставлена задача определить их оптимальные концентрации для очистки изделий от искусственно созданных загрязнений.

4. Условия экспериментов были следующими:

- 3%-е растворы СМС: Лабомида-203, МС-8, МЛ-51;
- добавки: МБЛ, МБН, МБК;
- температура растворов 80-85°C;
- оригинальная усовершенствованная моющая установка;
- задавались следующие значения концентрации боратов в моющих растворах СМС – 1, 2, 3, 4, 5, 6 г/л (0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6%);
- число опытов в варианте – 5;
- загрязнение искусственное.

Выходные параметры:

- степень очистки, %;
- смачиваемость, с.

5. Установлено, что степень очистки образцов в 3%-м растворе Лабомида-203 с увеличением концентрации МБЛ повышается и достигает максимума 84,0% при концентрации добавки 5 г/л. При дальнейшем повышении концентрации бората существенного повышения степени очистки образцов не наблюдается. Это доказывает, что концентрация бората 5 г/л в 3%-м растворе Лабомида-203 является оптимальной. Такие же результаты получены при использовании в качестве добавки МБН и МБК, в первом случае степень очистки образцов достигает 91,3%, а во втором – 92,8%.

6. Аналогичные результаты получены при исследовании степени очистки образцов в 3%-м растворе МС-8. Здесь степень очистки образцов при использовании МБЛ достигает максимума 90,7%, при использовании МБН – 93,6%, при использовании МБК – 97,9%.

7. Не обнаружено отклонений от установленных закономерностей и при исследовании степени очистки образцов в 3%-м растворе МЛ-51. Здесь степень очистки образцов при использовании МБЛ достигает максимума 83,8%, при использовании МБН – 86,4%, при использовании МБК – 88,2%.

8. Таким образом, наибольшими моющими и ингибиторными свойствами из исследованных СМС обладает МС-8, а из исследованных добавок – МБК. Степень очистки образцов в 3%-м растворе МС-8 при концентрации МБК 5 г/л достигает 97,9%.

9. С целью снижения трудоемкости мойки и энергозатрат на поддержание оптимальной температуры моющего раствора исследовано влияние температуры и продолжительности мойки на моющую способность 3%-х растворов МЛ-51, Лабомида-203, МС-8 без добавки и с добавкой МБК. Установлено, что добавка МБК концентрацией 5 г/л в растворы СМС позволяет снизить температуру растворов на 14-18°C, обеспечивая при этом такой же уровень качества мойки. Это позволило рекомендовать следующие оптимальные технологические параметры процесса мойки загрязненных деталей:

– температура моющего раствора – 80-85°C;

– продолжительность мойки – 5,0 минут.

10. Для проверки возможности улучшения противокоррозионных свойств моющих средств получены зависимости скорости коррозии ($K_{cp.}$), ингибиторного эффекта ($\gamma_{cp.}$) и степени защиты ($Z_{cp.}$) стали Ст.45Х в 3%-х растворах МЛ-51, Лабомида-203 и МС-8 от концентрации моноборатов лития, натрия и калия за 30 суток. Оказалось, что зависимости всех трех показателей достигают экстремума в зоне концентрации боратов, равной 5 г/л. При увеличении концентрации боратов свыше 5 г/л заметное повышение степени защиты растворов не наблюдается. Наибольшее улучшение противокоррозионных свойств моющих средств достигается при добавлении МБК. Полученный результат подтвержден методом снятия потенциодинамических поляризационных кривых.

11. Присутствие ингибитора уменьшает эффективность разрушающих факторов, снижающих прочность металла. Для подтверждения этого предположения было исследовано влияние боратов на коррозионную усталость стали в растворах моющих средств. Для испытаний выбрали 3%-й раствор МС-8 с добавкой 5 г/л МБК, т.к. этот состав по результатам предыдущих экспериментов был наиболее эффективным в сравнении с другими проверенными составами. С целью определения характера разрушающих факторов, снижающих циклическую прочность стали, нами получены усталостные кривые на воздухе после выемки образцов из изучаемых растворов. По результатам испытаний можно утверждать, что присутствие МБК в количестве 5 г/л в коррозионной среде, снижая агрессивность разрушающих факторов, повышает циклическую прочность стали. Такое свойство МБК можно объяснить тем, что он уменьшает действие микроэлементов и специфических пар Эванса, с деятельностью которых связывают коррозионно-механические поражения.

12. Исследования зависимости степени очистки от совместного влияния концентраций СМС и добавок проведены с растворами Лабомида-203, МС-8, МЛ-51 с добавками МБЛ, МБН, МБК. Эксперименты проведены с

использованием разработанной матрицы в соответствии с планом эксперимента $N = 2^2$. Получены регрессионные уравнения зависимости степени очистки от концентраций СМС и соединений бора, позволяющие при разработке технологических процессов мойки обоснованно выбирать состав моющего раствора в зависимости от требуемой степени очистки изделий от загрязнений.

ГЛАВА 6 ПОДКОНТРОЛЬНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ С ОТРЕМОНТИРОВАННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

6.1 Методика и организация производственного внедрения разработанной технологии и подконтрольной эксплуатации автомобилей

Производственную проверку предлагаемых нами многокомпонентных растворов для мойки узлов, агрегатов и деталей мобильной техники проводили в ГУП ЧР «Чувашавтотранс» Министерства транспорта и дорожного хозяйства Чувашской Республики (ЧР), ООО «Чебоксары-Лада», ООО «Альянс Ко», СХПК – колхоз им. Ленина Чебоксарского района ЧР, ООО «АвтоБосс». Мойку осуществляли в установке модели 196 М с применением 3%-х растворов МС-8 с добавкой и без добавки МБК. Установка модели 196 М позволяет разогревать моющий раствор до 80-100°С. Базовым вариантом при сравнительных испытаниях принят 3%-й раствор каустической соды.

В процессе мойки в установке модели 196 М раствор обмывает поверхности деталей, уложенных на вращающийся стол, от загрязнений методом струйного воздействия. В установке производят мойку разобранных узлов и агрегатов машин.

Технологический процесс ремонта агрегатов мобильной техники на вышеперечисленных предприятиях представлен на рисунке 6.1 [134, 135, 213].

Наиболее важным звеном в этой схеме является операция мойки деталей от загрязнений, т.к. от этого зависит качество дефектовки деталей. Процесс мойки методом струйного воздействия описан в главе 1.

Для выполнения указанных операций технологического процесса мойки деталей агрегатов и узлов необходимо выполнить работы, которые указаны в логической последовательности на рисунке 6.1, а уборочно-моечное оборудование и специализированный инструмент, применяемые в СХПК и на транспортных предприятиях при ТО и ремонте автомобилей, с указанием краткой характеристики приведены в таблице 6.1 [318].

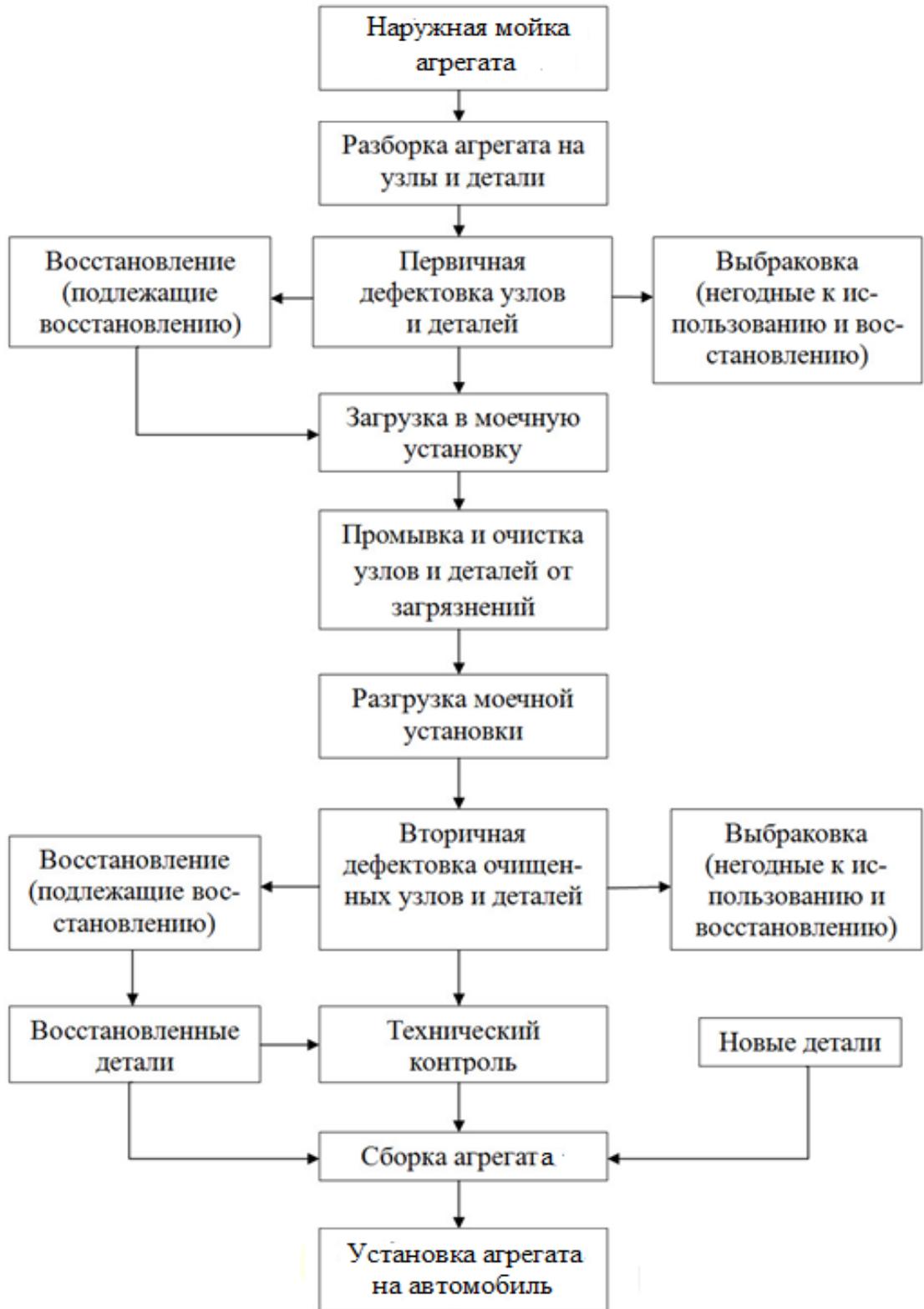


Рисунок 6.1 – Технологический процесс ремонта агрегатов автомобилей

Таблица 6.1 – Уборочно-моечное оборудование и специализированный инструмент, применяемые в СХПК и на транспортных предприятиях при ТО и ремонте мобильной техники [281, 283, 285]

Наименование оборудования	Марка, модель	Краткая характеристика оборудования
Машина подметально-пылесосная	Ку-403Е	Передвижной, вакуумный, с двумя вентиляторами, габаритные размеры, мм: 1400×654×980
Очиститель пароводоструйный для шланговой мойки агрегатов	ОП-3360	Передвижной, габаритные размеры, мм: 1340×810×1450
Пистолет для обдува деталей сжатым воздухом	С-4А	Ручной, давление сжатого воздуха до 1,0 Мпа
Установка для мойки деталей	196 М	Стационарная, с паро- и электроподогревом, однокамерная емкость для моющего раствора, 1,0 м ³ , рабочая температура моющего раствора до 100°С, габаритные размеры, мм: 1960×2280×2000
Установка для промывки масло-систем двигателя	1147	Передвижной, с насосно- и фильтрующей системами, производительность 12 л/мин, габаритные размеры, мм: 1035×640×990
Установка моечная, шланговая	М125	Передвижная, шланговая, однопостовая, производительность 11-13 л/мин, габаритные размеры, мм: 1200×550×750
Щетка с подводом воды для мойки мобильной техники	906	Ручная, с подводом воды через рукоятку, габаритные размеры, мм: 1500×2740×180

Порядок проведения исследования был следующий. Для исследования с согласия собственника мы принимали на учет автомобили ВАЗ (обоснование выбора марки автомобиля приведена в подглаве 6.2), в первый раз поступающие на ремонт двигателя. В ходе технологического процесса ремонта мойку деталей разобранного двигателя с согласия владельца в обязательном порядке выполняли с использованием одного из исследуемых растворов, варианты которых приведены ниже в таблице 6.7.

С собственниками таких автомобилей мы заключали договор, где они обязывались эксплуатировать автомобиль после ремонта двигателя в соответствии с руководством по эксплуатации и с наступлением следующего срока ремонта двигателя сообщить данные о пробеге автомобиля.

Для автомобилей ВАЗ ресурсы основных агрегатов по данным завода-изготовителя приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Ресурс узлов и агрегатов автомобилей ВАЗ [77, 240], в км

Наименование агрегата	Ресурс, км
Двигатель	125000
Рулевой механизм	170000
Коробка переключения передач	220000 – 250000
Сцепление	80000 – 100000
Передняя подвеска	40000 – 50000
Задний мост	200000
Передние привода (ШРУС)	100000
Примечание: Нормативы пробега приведены для эталонных условий эксплуатации автомобиля, климатические условия эксплуатации – умеренно-континентальный климат, условия хранения – на оборудованных открытых площадках.	

После прохождения первого капитального ремонта нормативный ресурс (пробег) автомобиля и его агрегатов (двигателя) до следующего капитального ремонта (L_p) (таблица 6.2) снижается на 20%. Периодичность ТО по пробегу ($L_{ТО}$) и межремонтный ресурс (L_p) корректируются коэффициентами K_1 , K_2 и K_3 [135].

$$L_{ТО} = L_{ТО}^H \times K_1 \times K_2 \times K_3; \quad (6.1)$$

$$L_p = L_p^H \times K_1 \times K_2 \times K_3, \quad (6.2)$$

где $L_{ТО}^H$ и L_p^H – нормативные периодичность ТО и межремонтный ресурс агрегатов соответственно, км;

$K_1 = 0,9$ – коэффициент, корректирующий норматив пробега с учетом второй категории условий эксплуатации (ЧР относится ко второй категории по условиям эксплуатации);

$K_2 = 1,0$ – коэффициент, учитывающий модель автомобиля;

$K_3 = 1,0$ – коэффициент, учитывающий климатические условия эксплуатации.

Следовательно, ресурс новых автомобилей до ремонта двигателя в условиях ЧР должен составить:

$$L_{\text{рес}}^{\text{нов}} = L_{\text{рес}}^{\text{эт}} \times K_1 \times K_2 \times K_3 = 125 \times 0,9 \times 1,0 \times 1,0 = 112,5 \text{ тыс. км,}$$

а ресурс автомобилей между первым и вторым ремонтами двигателя:

$$L_{\text{рес}}^{\text{рем}} = L_{\text{рес}}^{\text{эт}} \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times 0,8 = 125 \times 0,9 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,8 = 90,0 \text{ тыс. км.}$$

Количество автомобилей на обследование принято по таблице случайных чисел, оно составило 10 единиц. Результаты приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пробег автомобилей в межремонтный период эксплуатации (между первым и вторым ремонтом), км

№№ п/п	Ф. И. О. автовладельцев	Марка, модель	VIN №	Фактический пробег, км
1	Федоров А.В.	ВАЗ 21124 (2007 г.в.)	ХТА21124070464898	92160
2	Гундин А.А.	ВАЗ 21101 (2006 г.в.)	ХТА21101060938295	60140
3	Захаров В.С.	ВАЗ 21104 (2006 г.в.)	ХТА21104060946340	78430
4	Захаров В.Н.	ВАЗ 21713 (2010 г.в.)	ХТА217130А0018825	89980
5	Капитонов А.Н.	ВАЗ 21102 (2001 г.в.)	ХТА21102010314356	77420
6	Семенов Э.К.	ВАЗ 21703 (2007 г.в.)	ХТА21703070001936	92400
7	Траков Д.О.	ВАЗ 21124 (2007 г.в.)	ХТА21124070471203	86980
8	Соловьев А.А.	LADA 217230 (2013 г.в.)	ХТА217230D0250391	92240
9	Козлов Р.А.	ВАЗ 21144 (2008 г.в.)	ХТА21144084685128	66420
10	Иванов А.Ю.	ВАЗ 21150 (2006 г.в.)	ХТА21150064282562	98300
Сумма				834470

Средний пробег составил:

$$L_{\text{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} = \frac{834470}{10} = 83447 \text{ км.}$$

Снижение ресурса (R) в среднем по автомобилям составило:

$$R = \frac{L_{\text{рес}} - L_{\text{cp}}}{L_{\text{рес}}} \cdot 100\% = \frac{90,0 - 83,447}{90,0} \cdot 100\% = 7,3\%.$$

В соответствии с принятой методикой необходимо было определить влияние различных составов моющих растворов для мойки деталей на пробег автомобилей между ремонтами двигателя. Количество автомобилей по каждому варианту при нормальном законе распределения случайных чисел должно составить:

$$N = \frac{t^2 \cdot \vartheta^2}{\varepsilon^2}, \quad (6.3)$$

где $t = 1,96$ – нормированное отклонение ряда;

ϑ – коэффициент вариации ряда количества рассмотренных автомобилей;

ε – относительная ошибка экспериментов по разбросу наработки изученных автомобилей.

Коэффициент вариации, согласно методике исследований, определяли по выражению:

$$\vartheta = \frac{S}{\bar{x}},$$

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

\bar{x} – среднеарифметическая результатов экспериментов.

Определим статистические характеристики полученного ряда:

– размах ряда:

$$x_{\text{max}} - x_{\text{min}} = 98300 - 60140 = 38160 \text{ (км);}$$

– составляем таблицу ранжированного ряда и вычисления дисперсии (таблица 6.4).

Таблица 6.4 – Ранжированный ряд пробега автомобилей в межремонтный период эксплуатации (между первым и вторым ремонтом)

№№ объектов исследования	Пробег, x_i , км	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
2	60140	-23807	566773249
9	66420	-17027	289918729
5	77420	-6027	36324729
3	78430	-5017	25178289
7	86980	3533	12482089
4	89980	6539	42680089
1	92160	8713	75916369
8	92240	8793	77316849
6	92400	8953	80156209
10	98300	14853	228611609
Сумма	834470	0	1411801210

Имеем:

$$\sum_{i=1}^n x_i = 834470 \text{ км};$$

– Среднее значение ряда:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{10} 834470 = 83447;$$

– Дисперсия:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{1411801210}{10-1} = 156866801;$$

– Среднеквадратическое (стандартное) отклонение:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{156866801} = 12524;$$

– Коэффициент вариации:

$$v = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{12524}{83447} = 0,15 \text{ (15%)};$$

– Ошибка средней:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{12524}{\sqrt{10}} = 3960,11;$$

– Относительная ошибка средней:

$$S_{\bar{x},\%} = \frac{S_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100\% = \frac{3960,11}{83447} \cdot 100\% = 4,75\%;$$

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

Относительная изменчивость наработки составляет:

$$\varepsilon = \frac{98300 - 60140}{98300} 100\% = 38,8\%.$$

Такой разброс объясняется тем, что не учитывался способ хранения автомобилей и квалификация владельцев автомобилей. Поэтому характер изменчивости признака принимаем по данным ЗАО «Чебоксарский таксомоторный парк», где эта величина не превышает 10%. Тогда под наблюдение можно принимать:

$$N = \frac{t^2 \cdot \vartheta^2}{\varepsilon^2} = \frac{1,96^2 \cdot 0,15^2}{0,1^2} = 8,64 \approx 9 \text{ автомобилей.}$$

Количество автомобилей, взятых под наблюдение по каждому варианту исследований, должно быть 9 единиц, но для большей достоверности принимаем $N = 10$ единиц.

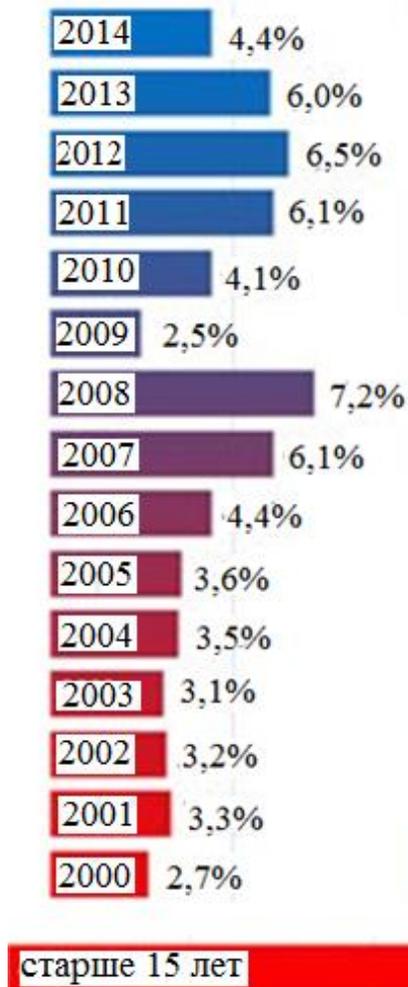
6.2 Обоснование выбора автомобилей для подконтрольной эксплуатации

При выборе типа и марки автомобиля для исследования нами было проведено изучение автомобильных парков РФ и ЧР в период с 2005 по 2015 гг. (таблицы 6.5, 6.6 и рисунки 6.2, 6.3), которое показывает, что лидером автомобильного парка и РФ, и ЧР являются автомобили Волжского автомобильного завода (ВАЗ). По РФ количество автомобилей LADA на 01.01.2015 г. составило 14,1 млн. единиц (34,5%) [242], а по ЧР – 111,195 тыс. единиц (42,1%) [77, 263, 264]. На основе результатов изучения автомобильных парков РФ и ЧР для исследований принимаем автомобили ВАЗ.

Таблица 6.5 – Сводная таблица показателей по транспорту РФ и ЧР в период с 2005 по 2014 гг. (на конец года),

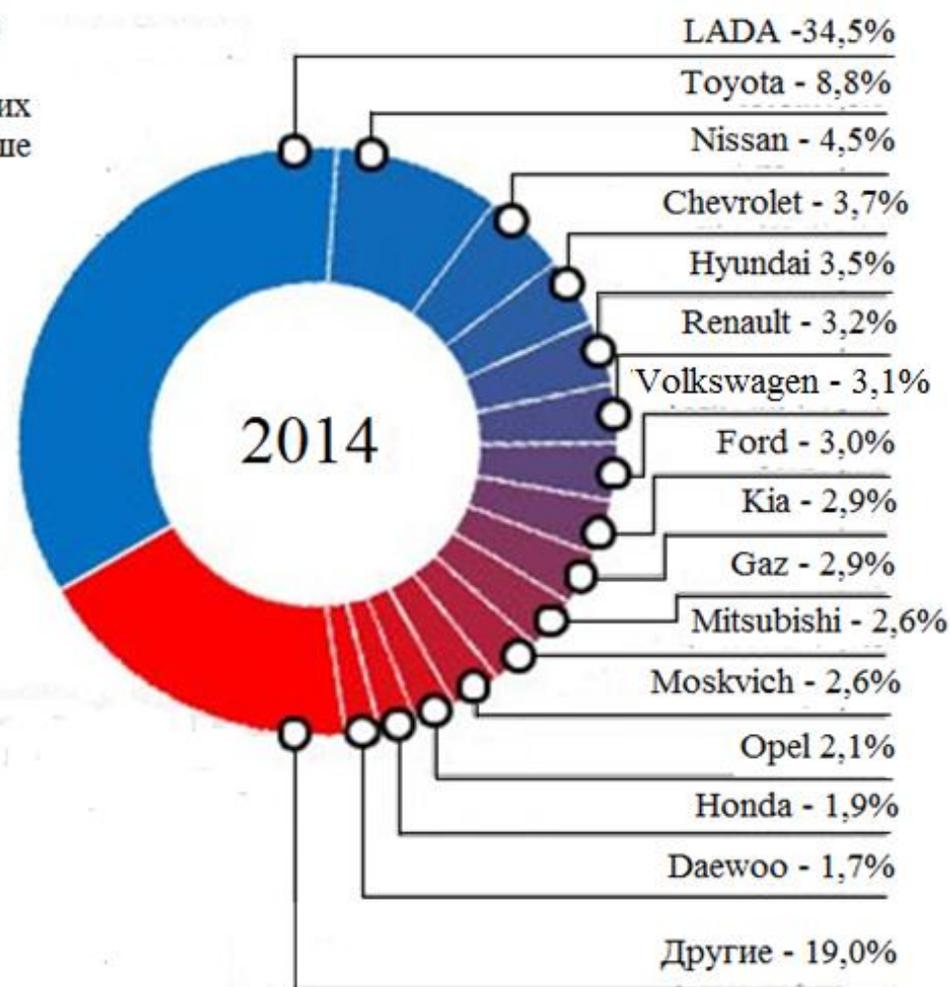
в тыс. штук

Показатели	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014	
	РФ	ЧР																		
Грузовые автомобили (включая пикапы и легковые фургоны) всего, в том числе: – общего пользования – в собственности граждан	4848	28,225	4929	31,218	5168	32,267	5349	29,855	5323	32,032	5414	31,767	5500	32,538	5800	33,377	6000	33,150	6200	36,328
	50	0,719	44	0,549	41	0,592	38	0,340	36	0,424	35	0,378	–	0,429	–	0,390	–	0,521	–	0,471
	2300	18,513	2440	21,229	2627	22,519	2818	23,632	2857	23,947	2950	23,893	3100	25,088	3300	26,364	3500	26,505	3800	29,821
Автобусы общего пользования	79	0,83	72	0,914	69	0,774	64	0,627	65	0,720	63	0,725	72	0,720	74	0,649	70	0,663	75	0,701
Легковые автомобили всего, в том числе – в собственности граждан	25570	115,832	26794	133,337	29405	146,311	32021	164,208	33084	170,737	34354	178,949	36400	191,655	38800	208,394	41400	234,672	43400	264,121
	24125	111,673	25282	128,559	27755	141,144	30300	159,785	31341	165,757	32629	173,876	34600	186,820	36900	203,376	39200	229,564	41400	258,886



По состоянию на 01.01.2015 года в России насчитывалось 40,85 млн. легковых автомобилей. Треть из них (33,1%) находятся в возрасте старше 15 лет. Самый большой парк автомобилей 2008 года - 7,2%, а меньше всего машин 2009 года выпуска - 2,5%.

Лидер российского автопарка LADA - 34.5%, а среди иномарок ТОП-5 брендов: Toyota (8,8%), Nissan (4,5%), Chevrolet (3,7%), Hyundai (3,5%) и Renault (3,2%).



а). Возрастная структура парка автомобилей РФ

б). Марочная структура парка автомобилей РФ

Рисунок 6.2 – Возрастная и марочная структура парка легковых автомобилей РФ на 01.01.2015 года [242]

Из анализа возрастной структуры парка легковых автомобилей РФ следует, что 33,1% легковых автомобилей имеют возраст старше 15 лет (рисунок 6.2), а по ЧР таких автомобилей 36,1% (рисунок 6.3) [166].

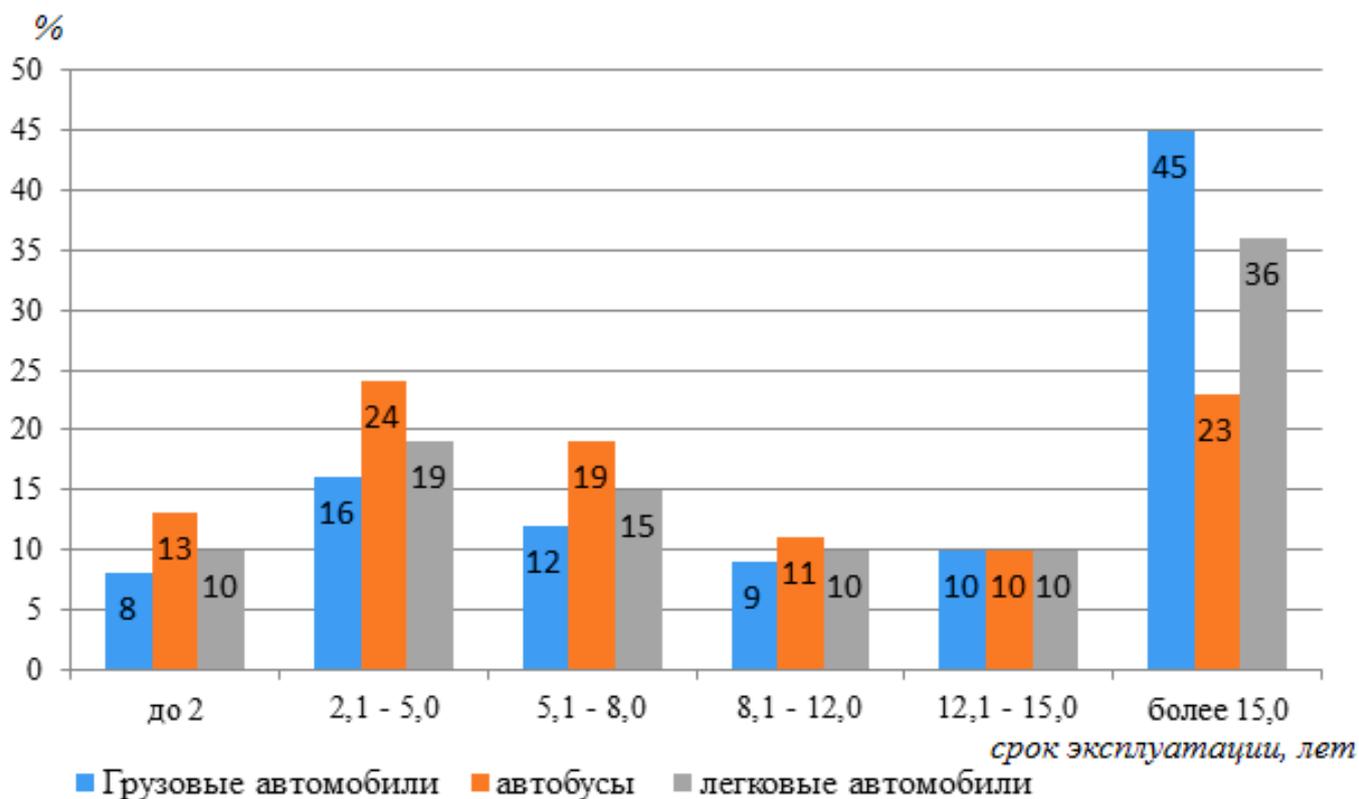


Рисунок 6.3 – Возрастная структура парка автомобильного транспорта ЧР на 01.01.2015 г., в процентах

Характеристика автомобильного парка ЧР на 01.01.2015 г. приведена в таблице 6.6 и рисунках 6.4-6.7, анализ которых позволяет сделать вывод, что основной парк легковых автомобилей ЧР сосредоточен в городах Чебоксары и Новочебоксарск. Основная часть автомобильного парка этих городов представлена автомобилями «ВАЗ» (47,183 тыс. единиц или 39,2%). Поэтому нас в первую очередь интересовало состояние организации ТО и ремонта автомобилей «ВАЗ» в этих городах республики.

По данным, опубликованным на сайте Чувашстата [166, 263, 264], 01.01.2015 года в личной собственности жителей ЧР находилось 293,6 тыс. автомобилей. Это на 12,9% больше, чем на 01.01.2014 года.

Таблица 6.6 – Характеристика парка автомобилей ЧР на 01.01.2015 г.,
в тыс. ед.

Наименование	Количество
Всего автомобилей:	301,15
в т.ч. по типам:	
легковые	264,121
в т.ч. иномарки	69,0
грузовые	36,328
автобусы	0,701
Распределение автомобилей по республике:	
г. Чебоксары	104,560
г. Новочебоксарск	32,674
другие населенные пункты	163,916
Распределение легковых автомобилей по республике:	
г. Чебоксары	94,5
г. Новочебоксарск	25,866
другие населенные пункты	143,755
Распределение автомобилей «ВАЗ» по республике:	
Всего	111,195
в т.ч.	
г. Чебоксары	36,512
г. Новочебоксарск	10,671
другие города ЧР	26,030
сельские населенные пункты	37,982
в т.ч.	
в собственности граждан	34,392
используются в сельском хозяйстве	2,154

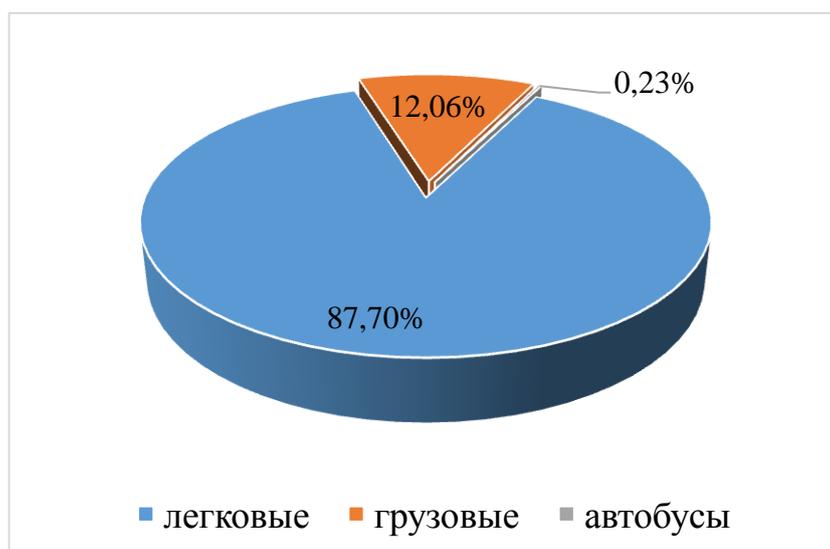


Рисунок 6.4 – Структура автомобильного парка ЧР на 01.01.2015 г.



Рисунок 6.5 – Распределение автомобилей по ЧР на 01.01.2015 г

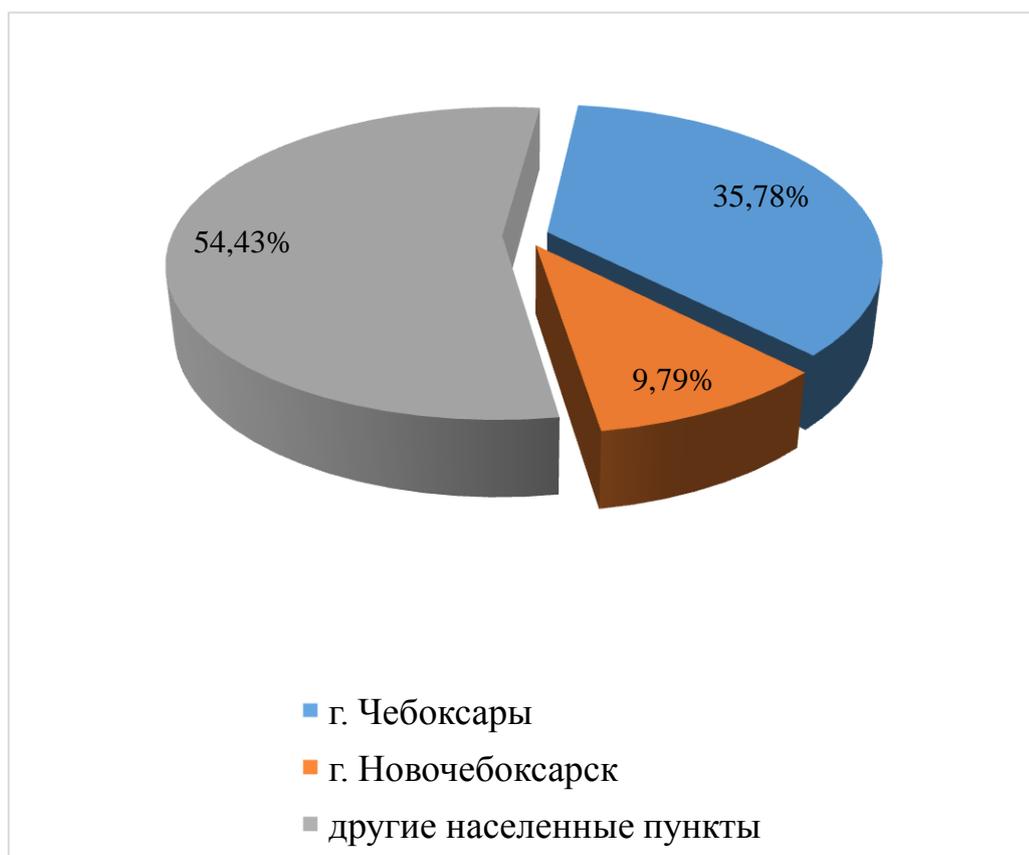


Рисунок 6.6 – Распределение легковых автомобилей по ЧР на 01.01.2015 г

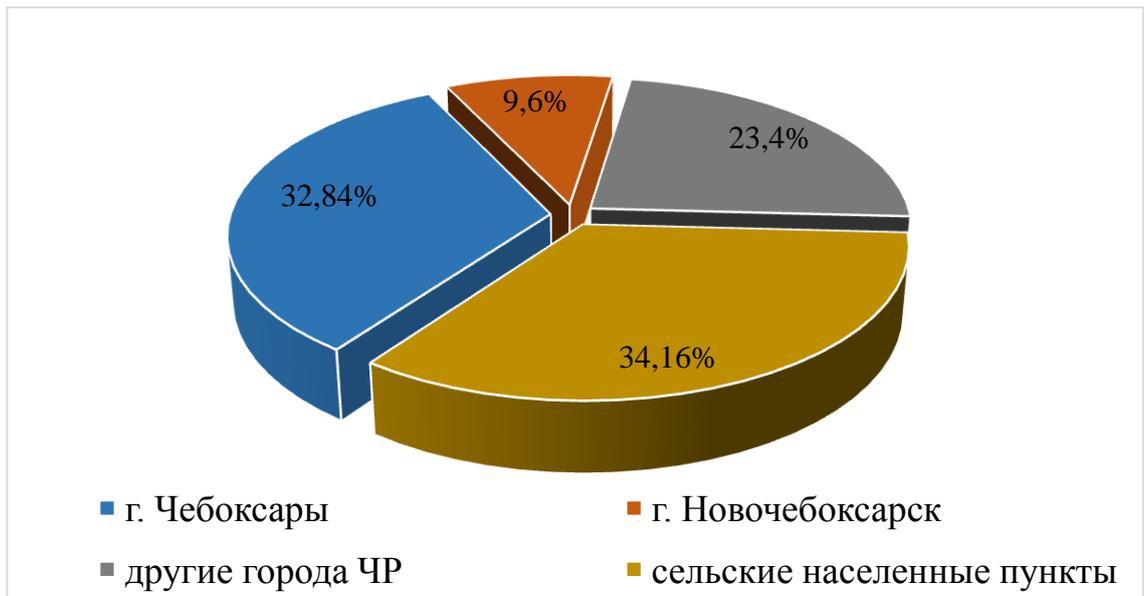


Рисунок 6.7 – Распределение автомобилей «ВАЗ» по ЧР на 01.01.2015 г.

В целом по республике на 1000 человек населения приходилось 237,2 автомобиля, находящихся в личной собственности граждан. Самыми богатыми в этом отношении стали Батыревский (327,1 автомобилей), Яльчикский (315,7), Шемуршинский (299,8), Шумерлинский (292,7) и Комсомольский (274,9) районы, т.е. районы с наиболее плодородной почвой и развитым сельскохозяйственным производством.

В общем числе автомобилей, находящихся в личной собственности граждан, на долю легковых приходилось 88,2%, или 258,886 тыс. легковых автомобилей. Их число на 1000 человек населения составляло 209 единиц, то есть примерно каждый пятый житель ЧР имеет легковой автомобиль.

Из общего количества легковых автомобилей лидером Чувашского автопарка стали автомобили LADA. По сведениям ТО ФСГС по ЧР на их долю приходилось 42,1%, или 111,195 тыс. единиц, из которых 32,84% (36512 ед.) эксплуатируются в г. Чебоксары; 9,6% (10671 ед.) – в г. Новочебоксарск; 23,4% (26030 ед.) – в других городах ЧР; 34,16% (37982 ед.) – в сельских населенных пунктах республики. Доля автомобилей, находящихся в личной собственности граждан в сельских населенных пунктах республики, составила 34392 ед., в сельскохозяйственном производстве задействовано 2154 ед.

Автомобили ВАЗ достаточно широко используются и в сельском хозяйстве (рисунки 6.8-6.13).

В настоящее время для получения высоких урожаев проводят подкормку, обработку от вредителей и болезней, прополку гербицидами посевов зерновых и других сельскохозяйственных культур. Для этого можно использовать различные виды техники: авиацию, тракторные опрыскиватели и т. д. Но в связи с разукрупнением СХПК и другими причинами не каждое хозяйство может воспользоваться услугами такой техники: дорого, опасно, сложно в эксплуатации и в обслуживании. Обработка посевов с использованием тракторов имеет низкую производительность и оставляет широкие следы от тяжести тракторов на посевах, или требует оставлять специальную агротехническую колею. Все эти проблемы решаются при использовании мобильного агрегата на базе автомобиля ВАЗ-2121 «Нива» (рисунок 6.8): он не повреждает посевы, соответствует междурядьям пропашных культур, может работать в любое время суток, в любую погоду, когда возможно проведение химработ, качество обработки выше авиационного. Автомобиль отлично справляется с возложенной на него нагрузкой.



Рисунок 6.8 – Навесное оборудование на автомобиле ВАЗ-2121 «Нива» для опрыскивания полей (Патент РФ № 67402 «Агрегат для химической обработки посевов»)

Молоковоз ВИС-23464 изготовлен на базе автомобиля ВАЗ 21213 с удлиненной кабиной. Вместо задней части кузова унифицированная полурама с грузовой платформой и пластмассовой цистерной (рисунок 6.9).



Рисунок 6.9 – Молоковоз ВИС-23464 на базе автомобиля ВАЗ 21213

Автоцистерна ПИКАП ГРАНТА (рисунок 6.10) может комплектоваться холодильной установкой, что особо гарантирует качество продукта при розничной торговле и перевозке на дальние расстояния или при кратковременном хранении молока или других жидкостей минеральной воды, кваса, пива, вина и др.



Рисунок 6.10 – Автоцистерна ПИКАП Гранта

Технические характеристики цистерна ПИКАП ГРАНТА:

Шасси..... ВИС-2349

Двигатель.....	ВАЗ (инжектор)
Привод.....	4×2
Вместимость цистерны, л.....	300; 450; 500; 600; 700
Количество секций, шт.	1
Варианты цистерны (Внутри / Снаружи):	
1. Нержавеющая сталь / Окрашенная (ЛКП)	
2. Нержавеющая сталь / Нержавеющая сталь	
3. Нержавеющая сталь / Нержавеющая сталь / Холодильная установка	
Термоизоляция, мм	40
Кран для розничной торговли	1
Диаметр горловины, мм	500
Габаритные размеры автомобиля с цистерной, мм	4450 × 1700 × 1700

Пикап-автомобиль ВИС-2349 «ГРАНТА» 4×2 (рисунок 6.11) используется для мелкооптовой перевозки сельскохозяйственной продукции и малогабаритных грузоперевозок. Сочетает лучшие технические характеристики легковых и грузовых автомобилей, обладает экономичностью и высокой мобильностью, может быстро доставить груз по назначению.



Рисунок 6.11 – Пикап-автомобиль ВИС-2349 «ГРАНТА» 4×2

Техническая характеристика пикап-автомобиль ВИС-2349 «ГРАНТА» 4×2	
Комплектация	– бортовой; – бортовой цистерна;

	– с пластиковым тентом;
	– фургон
Привод	передний
Грузоподъемность, кг	720
Пассажировместимость	2 человека
Габаритные размеры платформы, мм	1840 (2020) × 1600 × 400



Рисунок 6.12 – Пикап-автомобиль ВИС-2349 «ГРАНТА» 4×2 бортовой цистерна с прицепом-цистерной



Рисунок 6.13 – Пикап-автомобиль ВИС-2349 «ГРАНТА» 4×2 бортовой для перевозки тюков

Как видно из приведенного анализа, автомобили производства ВАЗ находят эффективное применение в сельском хозяйстве для выполнения как технологических, так и перевозочных работ. В связи с этим для проведения экспериментов выбираем автомобили ВАЗ.

6.3 Анализ результатов подконтрольной эксплуатации автомобилей

Испытания проводили по трем группам автомобилей в зависимости от вида составов, применяемых для мойки деталей разобранных двигателей (таблица 6.7).

Таблица 6.7 – Варианты производственных испытаний

№№ вариантов	Моечные составы
1	3%-й раствор каустической соды
2	3%-й раствор МС-8
3	3%-й раствор МС-8 в смеси с МБК концентрацией 5 г/л

В ходе испытаний фиксировали пробег автомобилей между первым и вторым ремонтом двигателей, согласно разработанной методике и по вариантам производственных испытаний. Результаты представлены в таблице 6.8.

Таблица 6.8 – Ресурс отремонтированных двигателей по автомобилям, в км

№ № п/п	Ф. И. О. автовладельцев	Марка, модель	VIN №	Ресурс отремонтированного двигателя, х, км
Мойка деталей двигателя в 3%-м растворе каустической соды				
1	Пантелеймонов Р.Д.	ВАЗ 21140 (2006 г.в.)	ХТА21140064276805	85580
2	Николаев Д.Н..	ВАЗ 21140 (2002 г.в.)	ХТА21140023371619	85670
3	Соловьев А.А.	ВАЗ 21703 (2010 г.в.)	ХТА217030А0248773	98900
4	Николаев Д.Н.	ВАЗ 21144 (2008 г.в.)	ХТА21144084707954	93400
5	Кулебяев М.А.	ВАЗ 21703 (2009 г.в.)	ХТА21703090211452	86450
6	Карнеев С.И.	ВАЗ 21144 (2010 г.в.)	ХТА211440А4899582	99100
7	Гаврилов С.Б.	ВАЗ 21144 (2010 г.в.)	ХТА211440А4875296	88700

Продолжение таблицы 6.8

№ № п/п	Ф. И. О. автовладельцев	Марка, модель	VIN №	Ресурс отремонтированно го двигателя, х, км
8	Андреев С.В.	ВАЗ 21124 (2007 г.в.)	ХТА21124070462001	90520
9	Соловьев А.Д.	ВАЗ 21723 (2010 г.в.)	ХТА217230А0096322	101140
10	Николаев П.А.	ВАЗ 21124 (2007 г.в.)	ХТА21124070462001	104540
Среднее значение $\bar{x} = 93400$; Стандартное отклонение $S = 5133$; Коэффициент вариации $\vartheta = 0,05$ (5%)				
Мойка деталей двигателя в 3%-м растворе МС-8				
11	Смирнов Д.С.	ВАЗ 21703 (2008 г.в.)	ХТА21703080147583	106770
12	Валитов И.И.	ВАЗ 21144 (2010 г.в.)	ХТА211440А4862756	90630
13	Саламанов А.С.	ВАЗ 21144 (2010 г.в.)	ХТА211440А4899582	106040
14	Долгов С.А.	ВАЗ 21144 (2008 г.в.)	ХТА21144084622998	106930
15	Ершов С.В..	ВАЗ 21140 (2006 г.в.)	ХТА21140064157535	108630
16	Колсанов Н.В.	ВАЗ 21144 (2011 г.в.)	ХТА211440В4954103	115550
17	Баимкин Л.С.	ВАЗ 21144 (2007 г.в.)	ХТА21703070015118	105470
18	Тамразян А.Г.	ВАЗ 21703 (2007 г.в.)	ХТА217030В0318666	127120
19	Хайретдинов М.Р.	ВАЗ 21144 (2010 г.в.)	ХТА211440А4899582	90800
20	Захаров В.Н.	ВАЗ 21140 (2010 г.в.)	ХТА21140043738471	93360
Среднее значение $\bar{x} = 105130$; Стандартное отклонение $S = 1110$; Коэффициент вариации $\vartheta = 0,0936$ (9,36%)				

Продолжение таблицы 6.8

№ № п/п	Ф. И. О. автовладельцев	Марка, модель	VIN №	Ресурс отремонтированно го двигателя, х, км
Мойка деталей двигателя в 3%-м растворе МС-8 в смеси с моноборатом калия концентрацией 5 г/л				
21	Дьяконов В.В.	ВАЗ 21099 (2002 г.в.)	ХТА21099023281628	115600
22	Ильин П.Г.	ВАЗ 21703 (2008 г.в.)	ХТА21703080103114	112780
23	Гусарова М.Д.	ВАЗ 11183 (2005 г.в.)	ХТА11183060016330	112900
24	Смирнов Д.С.	ВАЗ 21703 (2009 г.в.)	ХТА21703090174232	114820
25	Герасимов В.И.	ВАЗ 21150 (2005 г.в.)	ХТА21150054060116	115950
26	Ильдеркин О.А.	ВАЗ 21703 (2007 г.в.)	ХТА21703070015118	116900
27	Удиванов В.Р.	ВАЗ 21140 (2004 г.в.)	ХТА21140043610410	112850
28	Парфенов О.А.	ВАЗ 21703 (2010 г.в.)	ХТА217030А0247201	117720
29	Захаров Н.И.	ВАЗ 21144 (2008 г.в.)	ХТА21144094749667	110540
30	Козлов А.А.	ВАЗ 21074 (2006 г.в.)	ХТА21074062348656	114040
Среднее значение $\bar{x} = 114410$; Стандартное отклонение $S = 1466$; Коэффициент вариации $\vartheta = 0,0119$ (1,19%)				

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

Из приведенных в таблице 6.8 данных видно, что наилучшие результаты получены при применении для мойки деталей двигателей автомобилей 3%-го раствора МС-8 в смеси с МБК концентрацией 5 г/л.

Кроме улучшения степени очистки деталей от загрязнений, данный состав повышает и коррозионную стойкость поверхности вымытых деталей, что, в свою очередь, положительно сказывается и на ресурсе отремонтированного двигателя, и на ресурсе автомобиля в целом (см. главу 5).

Однако расхождения между тремя выборками могут быть обусловлены случайными причинами и находиться в пределах ошибки эксперимента. Для того, чтобы проверить принадлежность выборок одной генеральной совокупности нужно провести оценку случайности расхождения между двумя выборочными средними и двумя выборочными дисперсиями [97, 241].

Если исходных данных для получения закона распределения изучаемой величины недостаточно, то принадлежность двух выборок одной генеральной совокупности проверяется по критерию серий [97, 132, 241].

Допустим, что имеются две выборки объемов N_1 и N_2 :

$$X_1, X_2, \dots, X_{N_1};$$

$$Y_1, Y_2, \dots, Y_{N_2}.$$

Расставив значения выборок в порядке возрастания и отметив «+» элементы первой, а знаком «-» элементы второй выборки, получаем последовательность:

$$X_1 \leq X_2 \leq Y_1 \leq Y_2 \leq Y_3 \leq X_3 \leq X_4 \leq Y_4 \leq Y_5 \leq \dots \quad (6.4)$$

$\underbrace{+ \quad +}_{1\text{-я серия}} \quad \underbrace{- \quad - \quad -}_{2\text{-я серия}} \quad \underbrace{+ \quad +}_{3\text{-я серия}} \quad \underbrace{- \quad - \quad \dots}_{4\text{-я серия}}$

Последовательности именуем «+» и «-» сериями. При сильном отличии выборок друг от друга число серий будет равно двум. Если выборки отличаются незначительно, то число серий будет большим. Имеются сведения [97, 241], что если обе выборки X и Y принадлежат одной генеральной совокупности, то вероятность получения m серий в последовательности (6.4) выражается через функцию $h(m)$.

При четном $m = 2j$, где $j = m/2$:

$$h(m) = 2 \frac{C_{N_1-1}^{j-1} \cdot C_{N_2-1}^{j-1}}{C_{N_1+N_2}^{N_1}}. \quad (6.5)$$

При нечетном $m = 2j + 1$, где $j = m - 1/2$:

$$h(m) = \frac{C_{N_1-1}^j \cdot C_{N_2-1}^{j-1} + C_{N_1-1}^{j-1} \cdot C_{N_2-1}^j}{C_{N_1+N_2}^{N_1}}, \quad (6.6)$$

где C_i^j – число сочетаний из i элементов по j .

Вероятность того, что число серий m окажется равным некоторому числу d_o или менее его:

$$P(m \leq d_o) = \sum_{m=2}^{d_o} h(m). \quad (6.7)$$

Если

$$\sum_{m=2}^{d_o} h(m) \leq \beta,$$

где β – уровень значимости, то различие между выборками существенно, если наоборот – несущественно, и можно считать, что они принадлежат одной генеральной совокупности. Обычно принимают уровень значимости $\beta = 0,05$ [97, 241].

При значениях $N \geq 10$ вместо формулы (4.4) можно пользоваться формулой нормального распределения [97, 241].

Предположим:

$$N = N_1 + N_2,$$

тогда

$$P(m \leq d_o) = 0,5 - \Phi \left(\frac{\frac{2N_1N_2}{N} - d_o}{2\sqrt{N} \frac{N_1N_2}{N^2}} \right). \quad (6.8)$$

Приняв $t = \left(\frac{\frac{2N_1N_2}{N} - d_o}{2\sqrt{N} \frac{N_1N_2}{N^2}} \right)$, значение $\Phi(t)$ определяется по таблице

нормального распределения, где d_o – число серий, которые получены в данном эксперименте.

МБК концентрацией 5 г/л (таблица 6.8). Выборка ресурса двигателей после мойки их деталей в 3%-м растворе МС-8 содержит 10 элементов, т.е. $N_1 = 10$. Выборка ресурса двигателей после мойки их деталей в 3%-м растворе МС-8 в смеси с МБК концентрацией 5 г/л, с которой производится сравнение, содержит также 10 элементов, т.е. $N_2 = 10$. Расставив значения обеих выборок в порядке возрастания, отметив «+» элементы из первой и «-» элементы из второй выборки, получаем последовательность:

90630; 90800; 93360; 105470; 106040; 106770; 106930; 108630;									
+									
1-я серия									
110540; 112780; 112850; 112900; 114040; 114820; 115550;									
-							+		
2-я серия							3-я серия		
115600; 115950; 116900; 117720; 127120.									
-					+				
4-я серия					5-я серия				

Число серий $m = 5$.

По формуле (6.8) определяем

$$t = \left(\frac{\frac{2 \cdot 10 \cdot 10}{20} - 5}{2\sqrt{20} \frac{10 \cdot 10}{20^2}} \right) = 2,236; \quad \Phi(t) = 0,4871; \quad P(m \leq d_0) = 0,5 - 0,4871 = 0,0129 < 0,05.$$

Следовательно, при уровне значимости 0,05 рассматриваемые выборки также не принадлежат одной генеральной совокупности, т.е. расхождение между выборками не случайно.

Проверим на принадлежность одной генеральной совокупности две выборки: ресурса двигателей после мойки их деталей в 3%-м растворе каустической соды и ресурса двигателей после мойки их деталей в 3%-м растворе МС-8 в смеси с МБК концентрацией 5 г/л (таблица 6.8). Выборка ресурса двигателей после мойки их деталей в 3%-м растворе каустической соды

содержит 10 элементов, т.е. $N_1 = 10$. Выборка ресурса двигателей после мойки их деталей в 3%-м растворе МС-8 в смеси с МБК концентрацией 5 г/л, с которой производится сравнение, содержит также 10 элементов, т.е. $N_2 = 10$. Расставив значения обеих выборок в порядке возрастания, отметив «+» элементы из первой и «-» элементы из второй выборки, получаем последовательность:

85580; 85670; 86450; 88700; 90520; 93400; 98900; 99100; 101140; 104540;

+

1-я серия

110540; 112780; 112850; 112900; 14040; 114820; 115600; 115950; 116900; 117720.

-

2-я серия

Число серий $m = 2$.

По формуле (6.8) определяем

$$t = \left(\frac{\frac{2 \cdot 10 \cdot 10}{20} - 2}{2\sqrt{20} \frac{10 \cdot 10}{20^2}} \right) = 3,578; \quad \Phi(t) = 0,4998; \quad P(m \leq d_0) = 0,5 - 0,4998 = 0,0002 < 0,05.$$

Следовательно, при уровне значимости 0,05 рассматриваемые выборки также не принадлежат одной генеральной совокупности, т.е. расхождение между выборками не случайно.

Для упрощения сравнительного анализа влияния моющего состава на ресурс отремонтированных двигателей составлена сводная таблица результатов производственных испытаний (таблица 6.9).

При анализе в качестве базового варианта принята мойка в 3%-м растворе каустической соды. При этом эффект для базового варианта условно принимаем равным нулю, а для остальных вариантов учитываем отклонения от базового варианта.

Из данных таблицы 6.9 видно, что для ремонтного производства предприятий АПК и автотранспортного комплекса в качестве моющего состава для мойки узлов, агрегатов и деталей транспортных средств можно рекомендовать 3%-й раствор МС-8 в смеси с МБК концентрацией 5г/л.

Таблица 6.9 – Сводная таблица результатов производственных испытаний

№ № п/п	Моющий состав	Средний ресурс отремонтирован ного двигателя, х, км	Стандарт ное отклоне ние, S	Коэффициент вариации, ϑ
1	3%-й раствор каустической соды	93400	5133	0,05 (5%)
2	3%-й раствор МС-8	105130	1110	0,0936 (9,36%)
3	3%-й раствор МС-8 в смеси с МБК концентрацией 5 г/л	114410	1466	0,0119 (1,19%)

Заменителем МС-8 могут служить средства Лабомид-203 или МЛ-51, а вместо МБК можно использовать МБЛ или МБН, но моющие и противокоррозионные свойства композиции МС-8 + МБК в сравнении с другими сочетаниями СМС и добавок, как показали исследования (глава 4), выше, поэтому для мойки деталей в условиях производства мы рекомендуем именно этот состав моющего раствора.

Рекомендации по хранению, транспортировке и безопасному применению СМС и боратов приведены в [304].

6.4 Расчет экономической эффективности результатов исследования

Исходные данные:

- 3%-й раствор МС-8;
- 3%-й раствор МС-8 в смеси с МБК концентрацией 5 г/л;
- база сравнения – 3%-й раствор каустической соды.

Расчет выполняем на величину ресурса испытуемых автомобилей по вариантам, приведенным на рисунке 6.14.

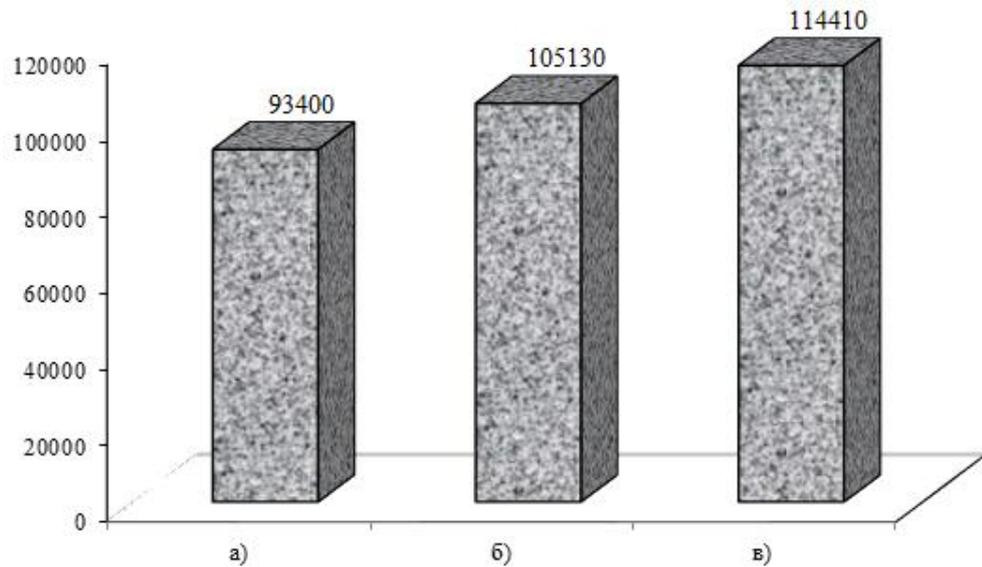


Рисунок 6.14 – Ресурсы отремонтированных двигателей при использовании в качестве состава для мойки деталей 3%-х растворов: а) каустической соды (93400 км); б) МС-8 (105130 км); в) МС-8 в смеси МБК концентрацией 5 г/л (114410 км)

Из рисунка 6.14 видно, что мойка деталей двигателя в 3%-м растворе МС-8 в присутствии МБК концентрацией 5 г/л увеличивает ресурс отремонтированных двигателей автомобилей ВАЗ:

- в сравнении с мойкой в 3%-м растворе каустической соды – на 21,01 тыс. км (на 22,5%) (рисунок 6.15);
- в сравнении с мойкой в 3%-м растворе МС-8 – на 9,28 тыс. км (на 8,8%).

Экономическая эффективность (руб.) от применения МБК концентрацией 5 г/л в составе раствора СМС определяется из выражения:

- по отношению к 3%-му раствору каустической соды:

$$\mathcal{E}_{\text{кауст. с.}} = (C_{\text{общ.}}^{\text{кауст. с.}} - C_{\text{общ.}}^{\text{МС-8+МБК}}) \times L_{\text{рес. МБК}}; \quad (6.9)$$

- по отношению к 3%-му раствору МС-8:

$$\mathcal{E}_{\text{МБК}} = (C_{\text{общ.}}^{\text{МС-8}} - C_{\text{общ.}}^{\text{МС-8+МБК}}) \times L_{\text{рес. МБК}}, \quad (6.10)$$

где $C_{\text{общ.}}^{\text{кауст. с.}}$ – общие удельные затраты (сумма удельных затрат на разовую мойку и удельных затрат на ремонт двигателя) при мойке деталей двигателя в 3%-м растворе каустической соды, руб./км;

$C^{\text{МС-8}}_{\text{общ.}}$ – общие удельные затраты (сумма удельных затрат на разовую мойку и удельных затрат на ремонт двигателя) при мойке деталей двигателя в 3%-м растворе МС-8, руб./км;

$C^{\text{МС-8+МБК}}_{\text{общ.}}$ – общие удельные затраты (сумма удельных затрат на разовую мойку и удельных затрат на ремонт двигателя) при мойке деталей двигателя в 3%-м растворе МС-8 в смеси с МБК концентрацией 5 г/л, руб./км;

$L_{\text{рес. МБК}}$ – пробег автомобилей, детали двигателей которых вымыты в 3%-м растворе МС-8 в смеси с МБК концентрацией 5 г/л, км.

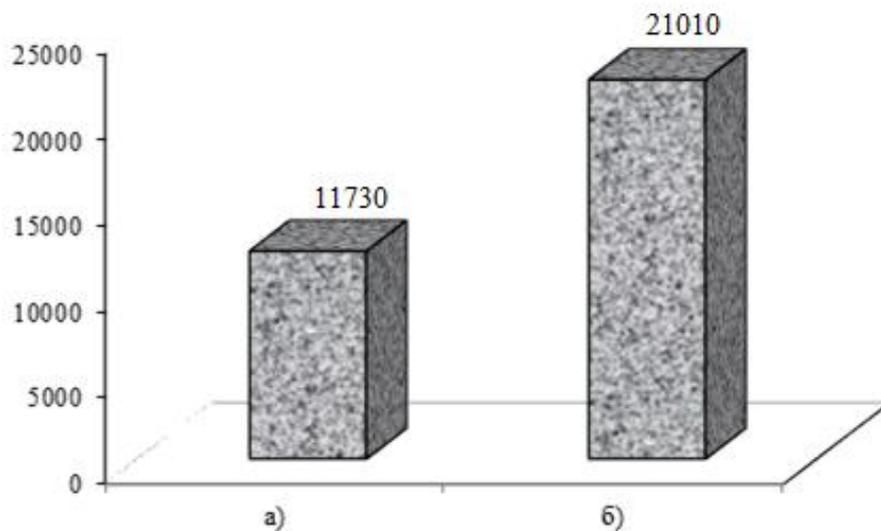


Рисунок 6.15 – Увеличение ресурса отремонтированных двигателей при использовании для мойки деталей 3%-х растворов: а) МС-8; б) МС-8 в смеси с МБК концентрацией 5 г/л (в сравнении с ресурсом двигателей при мойке деталей в 3%-м растворе каустической соды)

Текущие затраты на мойку деталей складываются из затрат на заработную плату $C_{з/п}$, затрат на электроэнергию $C_{э}$, затрат на приобретение моющих средств $C_{МС}$, затрат на амортизацию оборудования $C_{ам.}$, накладных расходов $C_{накл.}$.

$$C = C_{з/п} + C_{э} + C_{МС} + C_{ам.} + C_{накл.} \quad (6.11)$$

Заработная плата:

$$C_{з/п} = C_1 \times t_m \times K \times N, \quad (6.12)$$

где C_1 – тарифная ставка мойщика 1-го разряда, руб./ч;

t_m – длительность (трудоемкость) мойки деталей одного автомобиля, чел.-ч;

K – тарифный коэффициент;

N – количество моек одного автомобиля за цикл эксплуатации.

Тарифная ставка мойщика 1-го разряда равна:

$$C_1 = \frac{MPOТ}{149} = \frac{7500}{149} = 51,02 \text{ руб};$$

Тарифный коэффициент работника 2-го разряда с вредными условиями труда $K = 1,23$;

Трудоемкость одной мойки в установке модели 196 М установлена хронометражным наблюдением (таблица 6.10). Принимаем продолжительность процесса очистки и мойки с учетом подготовительно-заключительных операций $t_m = 40$ мин.

Таблица 6.10 – Продолжительность мойки на установке модели 196 М

№№ п/п	Вид операции	Трудоемкость, чел. · мин
1	Наружная очистка деталей от грубых загрязнений	6 – 10
2	Дефектовка деталей (подбор партии по габаритным размерам)	5 – 7
3	Загрузка деталей на моечный стол камеры	3 – 5
4	Мойка деталей	5
5	Выдержка после мойки партии деталей	6 – 12
6	Съем вымытых деталей из камеры моечной установки	6 – 10
Итого		31 – 49

Общий вид и техническая характеристика установки приведены в главе 3.

Тогда заработная плата на одну мойку:

$$C_{з/п} = 51,02 \times 1,23 \times 40 \times 60^{-1} = 41,84 \text{ руб.}$$

С учетом страховых отчислений на заработную плату 30% и премиальных 20%:

$$C_{з/п} = 41,84 \times 1,3 \times 1,2 = 65,27 \text{ руб};$$

Затраты на приобретение моющих средств составят:

$$C_{MC} = V \times K \times C_{MC}, \text{ руб./ванна,} \quad (6.13)$$

где V – объем ванны, л (1000 л);

K – концентрация состава, кг/1000 л;

C_{MC} – цена моющего средства, руб./кг.

Для ванны с каустической содой имеем:

– $C_{\text{кауст. с.}} = 55,00$ руб./кг – цена 1 кг каустической соды;

– 3% – концентрация каустической соды в моющем растворе;

Для заправки одной ванны потребуется каустической соды в количестве

30 кг на сумму: $C_{\text{кауст. с.}} = 1000 \times \frac{30}{1000} \times 55,00 = 165,00$ руб.

В процессе использования моющих состав загрязняется. В зависимости от степени загрязнения кратность замены моющего состава в установках составляет через каждые 5-6 моек.

За смену моечная установка используется 2-3 раза. Тогда на одну мойку стоимость моющих средств составит:

$$C_{\text{кауст. с.}}^1 = \frac{1650,00}{3 \cdot 5} = 110,00 \text{ руб.}$$

Стоимость электроэнергии:

$$C_{\text{э}} = C_{\text{э. раз.}} \times K \times C_{\text{кВт}\cdot\text{ч.}}, \quad (6.14)$$

где $C_{\text{э. раз.}}$ – затраты электроэнергии на разогрев моющего раствора до температуры 85-90°C, руб.;

K – коэффициент, учитывающий затраты электроэнергии на поддержание требуемой температуры моющей жидкости;

$C_{\text{кВт}\cdot\text{ч.}} = 3,96$ – цена 1 кВт·ч электроэнергии, руб./кВт·ч.

Для установки модели 196 М имеем:

– расход электроэнергии на разовую мойку:

$$C_{\text{э}}^1 = \left(\frac{1}{3} \times \text{Э}_{\text{раз.}} \times K + \text{Э}_{\text{нас.}} \right) \times C_{\text{кВт}\cdot\text{ч.}}; \quad (6.15)$$

$$\text{Э}_{\text{нас.}} = N_{\text{нас.}} \times t, \quad (6.16)$$

где $\text{Э}_{\text{раз.}}$ – расход электроэнергии на разогрев моющего раствора до температуры 85-90°C, кВт;

K – коэффициент, учитывающий расход электроэнергии на поддержание требуемой температуры моющей жидкости;

$\mathcal{E}_{\text{нас.}}$ – расход электроэнергии на перекачку моющего раствора электродвигателем насоса, кВт;

$N_{\text{нас.}} = 3$ кВт – мощность электродвигателя насоса;

$t = 5$ мин – продолжительность мойки деталей, ч;

$\mathcal{C}_{\text{кВт}\cdot\text{ч.}} = 3,96$ – цена 1 кВт·ч электроэнергии, руб./кВт·ч.

$$C_3^1 = \left(\frac{1}{3} 36,0 \times 2,5 \times 1,05 + 3,0 \cdot \frac{5}{60} \right) \times 3,96 = 132,66 \text{ руб.}$$

Затраты на амортизацию и ремонт оборудования принимаем на уровне 14,4% при годовой занятости установки 800 ч. Тогда при стоимости машины 239000 руб.:

$$C_{\text{ам.}} = 239000 \times 0,144 \times \frac{8}{60} \times \frac{1}{800} = 5,74 \text{ руб./ч.}$$

Накладные расходы принимаются в размере 15% от прямой заработной платы:

$$C_{\text{накл.}} = 0,15 \cdot C_{3/\text{п}} = 0,15 \times 65,27 = 9,79 \text{ руб.}$$

Тогда стоимость разовой мойки в 3%-м растворе каустической соды составит:

$$C_{\text{кауст. с.}} = C_{3/\text{п}} + C_3 + C_{\text{кауст. с.}} + C_{\text{ам.}} + C_{\text{накл.}} = \\ 65,27 + 132,66 + 110,00 + 5,74 + 9,79 = 323,46 \text{ руб.}$$

Удельная стоимость разовой мойки в 3%-м растворе каустической соды при ресурсе двигателя 93400 км пробега составит:

$$C_{\text{кауст. с. уд. мойки}} = \frac{C_{\text{кауст. с.}}}{L_{\text{кауст. с.}}} = \frac{323,46}{93400} = 0,0035 \text{ руб./км;}$$

Стоимость мойки деталей в 3%-м растворе МС-8 за цикл эксплуатации автомобиля будет отличаться от стоимости мойки деталей в 3%-м растворе каустической соды по затратам на приобретение моющих средств $C_{\text{МС}}$, т.е. по разнице в цене между каустической содой и МС-8. Затраты на заработную плату $C_{3/\text{п}}$, затраты на электроэнергию C_3 , затраты на амортизацию оборудования $C_{\text{ам.}}$,

накладные расходы $C_{\text{накл.}}$ остаются без изменения.

Для ванны с МС-8 имеем:

- $C_{\text{МС-8}} = 75,00$ руб./кг – цена 1 кг МС-8;
- 3% – концентрация МС-8 в моющем растворе;

Для заправки одной ванны потребуется МС-8 в количестве 30 кг на сумму:

$$C_{\text{МС-8}} = 1000 \times \frac{30}{1000} \cdot 75,00 = 2250,00 \text{ руб.}$$

На одну мойку стоимость МС-8 составит:

$$C_{\text{МС-8}}^1 = \frac{2250,00}{3 \times 5} = 150,00 \text{ руб.}$$

Тогда стоимость разовой мойки деталей в 3%-м растворе МС-8 составит:

$$\begin{aligned} C^{\text{МС-8}} &= C_{\text{з/п}} + C_{\text{э}} + C_{\text{МС-8}} + C_{\text{ам.}} + C_{\text{накл.}} = \\ &= 65,27 + 132,66 + 150,00 + 5,74 + 9,79 = 363,46 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Удельная стоимость разовой мойки деталей в 3%-м растворе МС-8 при ресурсе двигателя 105130 км пробега составит:

$$C_{\text{уд.мойки}}^{\text{МС-8}} = \frac{C_{\text{МС-8}}}{L_{\text{МС-8}}} = \frac{363,46}{105130} = 0,0035 \text{ руб./км;}$$

Стоимость разовой мойки деталей в 3%-м растворе МС-8 в смеси с МБК концентрацией 5 г/л будет отличаться от стоимости мойки деталей в 3%-м растворе МС-8 по затратам на приобретение моющих средств $C_{\text{МС}}$, т.е. на стоимость 5 кг МБК (концентрация 5 г/л).

Затраты на заработную плату $C_{\text{з/п}}$, затраты на электроэнергию $C_{\text{э}}$, затраты на амортизацию оборудования $C_{\text{ам.}}$, накладные расходы $C_{\text{накл.}}$ остаются без изменения.

Для ванны с МС-8 в смеси с МБК концентрацией 5 г/л имеем:

- $C_{\text{МС-8}} = 75,00$ руб./кг – цена 1 кг МС-8;
- 3% – концентрация МС-8 в моющем растворе;
- $C_{\text{МБК}} = 600,00$ руб./кг – цена 1 кг МБК;

– 0,5% – концентрация МБК в моющем растворе.

Для заправки одной ванны потребуется МС-8 в количестве 30 кг на сумму:

$$C_{\text{МС-8}} = 1000 \times \frac{30}{1000} \times 75,00 = 2250,00 \text{ руб.}$$

На одну мойку стоимость МС-8 составит:

$$C_{\text{МС-8}}^1 = \frac{2250,00}{3 \times 5} = 150,00 \text{ руб.}$$

Для заправки одной ванны потребуется МБК в количестве 5 кг на сумму:

$$C_{\text{МБК}} = 1000 \times \frac{5}{1000} \times 600,00 = 3000,00 \text{ руб.}$$

На одну мойку стоимость МБК составит:

$$C_{\text{МБК}}^1 = \frac{3000,00}{3 \times 5} = 200,00 \text{ руб.}$$

Общая стоимость моющих средств на одну мойку составит:

$$C_{\text{МС}}^1 = C_{\text{МС-8}}^1 + C_{\text{МБК}}^1 = 150,00 + 200,00 = 350,00 \text{ руб.}$$

Тогда стоимость разовой мойки деталей в 3%-м растворе МС-8 в смеси с МБК концентрацией 5 г/л составит:

$$\begin{aligned} C^{\text{МС-8+МБК}} &= C_{\text{з/п}} + C_{\text{э}} + C_{\text{МС}}^1 + C_{\text{ам.}} + C_{\text{накл.}} = \\ &= 65,27 + 132,66 + 350,00 + 5,74 + 9,79 = 563,46 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Удельная стоимость разовой мойки деталей в 3%-м растворе МС-8 в смеси с МБК концентрацией 5 г/л при ресурсе двигателя 114410 км пробега составит:

$$C_{\text{уд.мойки}}^{\text{МС-8+МБК}} = \frac{C^{\text{МС-8}}}{L_{\text{МС-8}}} = \frac{563,46}{114410} = 0,005 \text{ руб./км;}$$

Для наглядности стоимости разовой мойки деталей в растворах различных моющих средств сведем в таблицу 6.11.

Таблица 6.11 – Стоимости разовой мойки деталей в растворах различных моющих средств, в рублях

№№ п/п	Моющее средство	Стоимость разовой мойки деталей
1	3%-й раствор каустической соды	323,46
2	3%-й раствор МС-8	363,46
3	3%-й раствор МС-8 в смеси с МБК концентрацией 5 г/л	563,46

Из таблицы 6.11 видно, что стоимости разовой мойки деталей в 3%-м растворе МС-8 и в 3%-м растворе МС-8 в смеси с МБК концентрацией 5 г/л за цикл эксплуатации по сравнению со стоимостью разовой мойки деталей в 3%-м растворе каустической соды повышаются на 40,00 и 240,00 руб. соответственно. Но использование МС-8 и его смеси с МБК концентрацией 5 г/л в качестве моющих средств в растворе увеличивает ресурс отремонтированного двигателя на 11730 км (12,6%) и 21010 км (22,5%) соответственно, что позволяет сэкономить средства на их ремонте.

Так, при средней стоимости ремонта двигателя, равной $C_{\text{рем.дв.}} = 16000$ руб., удельная стоимость их ремонта будет:

– при мойке деталей двигателя в 3%-м растворе каустической соды ресурс отремонтированного двигателя составляет 93400 км:

$$C_{\text{уд.рем.дв.}}^{\text{кауст. с.}} = \frac{C_{\text{рем.дв.}}}{L_{\text{кауст.с.}}} = \frac{16000}{93400} = 0,173 \text{ руб./км};$$

– при мойке деталей двигателя в 3%-м растворе МС-8 ресурс отремонтированного двигателя составляет 105130 км:

$$C_{\text{уд.рем.дв.}}^{\text{МС-8}} = \frac{C_{\text{рем.дв.}}}{L_{\text{МС-8}}} = \frac{16000}{105130} = 0,153 \text{ руб./км};$$

– при мойке деталей двигателя в 3%-м растворе МС-8 в смеси с МБК концентрацией 5 г/л ресурс отремонтированного двигателя составляет 114410 км:

$$C_{\text{уд.рем.дв.}}^{\text{МС-8+МБК}} = \frac{C_{\text{рем.дв.}}}{L_{\text{МС-8+МБК}}} = \frac{16000}{114410} = 0,140 \text{ руб./км}.$$

Общие удельные затраты будут определяться как сумма удельных затрат на разовую мойку деталей и удельных затрат на ремонт двигателя (таблица 6.12, рисунок 6.16):

Таблица 6.12 – Зависимость общих удельных затрат от состава моющего раствора

Моющее средство	Стоимость разовой мойки, руб.	Удельная стоимость, руб./км		Общие удельные затраты, руб./км
		разовой мойки	ремонта ДВС	
3%-й раствор каустической соды	451,46	0,0035	0,173	0,1765
3%-й раствор МС-8	713,46	0,0035	0,153	0,1565
3%-й раствор МС-8 в смеси с МБК (5 г/л)	913,46	0,005	0,140	0,145

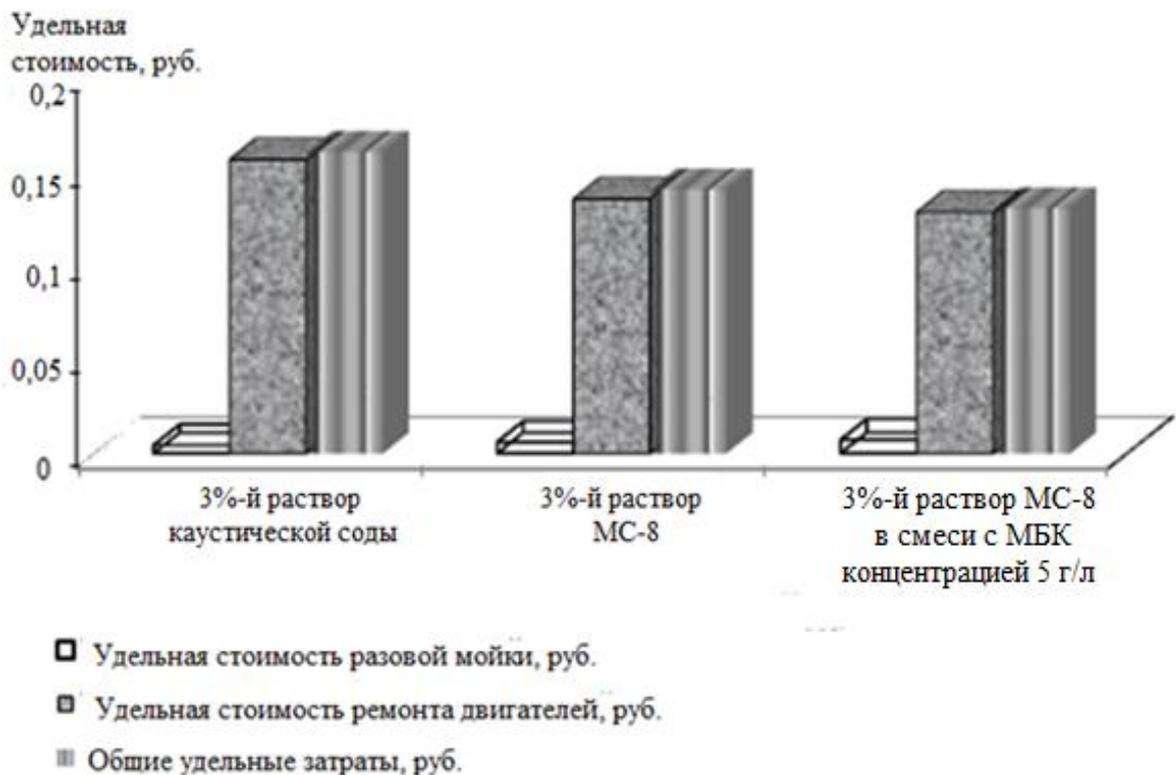


Рисунок 6.16 – Диаграмма зависимости удельных затрат от состава моющего раствора

– при мойке деталей в 3%-м растворе каустической соды:

$$C_{\text{общ.}}^{\text{кауст. с.}} = C_{\text{уд.мойки}}^{\text{кауст. с.}} + C_{\text{уд.рем.дв}}^{\text{кауст. с.}} = 0,0035 + 0,173 = 0,1765 \text{ руб./км};$$

– при мойке деталей в 3%-м растворе МС-8:

$$C_{\text{общ.}}^{\text{МС-8}} = C_{\text{уд.мойки}}^{\text{МС-8}} + C_{\text{уд.рем.дв}}^{\text{МС-8}} = 0,0035 + 0,153 = 0,1565 \text{ руб./км};$$

– при мойке деталей в 3%-м растворе МС-8 в смеси с МБК концентрацией 5 г/л:

$$C_{\text{общ.}}^{\text{МС-8+МБК}} = C_{\text{уд.мойки}}^{\text{МС-8+МБК}} + C_{\text{уд.рем.дв}}^{\text{МС-8+МБК}} = 0,005 + 0,140 = 0,145 \text{ руб./км};$$

Экономическая эффективность применения МБК концентрацией 5 г/л в составе раствора МС-8:

– по отношению к 3%-му раствору каустической соды:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{кауст.}} &= (C_{\text{общ.}}^{\text{кауст. с.}} - C_{\text{общ.}}^{\text{МС-8+МБК}}) \times L_{\text{рес. МБК}} = \\ &= (0,1765 - 0,145) \times 114410 = 3604,00 \text{ руб. (22,5\%)} \end{aligned}$$

– по отношению к 3%-му раствору МС-8:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{МС-8}} &= (C_{\text{общ.}}^{\text{МС-8}} - C_{\text{общ.}}^{\text{МС-8+МБК}}) \times L_{\text{рес. МБК}} = \\ &= (0,1565 - 0,145) \times 114410 = 1315,72 \text{ руб. (8,2\%)} \end{aligned}$$

6.5 Выводы по главе 6

1. Изучение автомобильных парков РФ и ЧР показало, что лидерами являются автомобили ВАЗ. По РФ их количество составило 34,5%, а по ЧР – 42,1%. Автомобили ВАЗ находят эффективное применение в сельском хозяйстве для выполнения как технологических, так и перевозочных работ. В связи с этим для проведения экспериментов выбираем автомобили ВАЗ.

2. Производственная проверка полученных нами результатов проводилась на ряде предприятий ЧР. Цель исследования – определение влияния параметров технологического процесса мойки на ресурс отремонтированных двигателей мобильной техники. С согласия собственника на учет принимались автомобили ВАЗ, в первый раз поступающие на ремонт двигателя. Мойку деталей разобранного двигателя с согласия собственника выполняли с использованием трех исследуемых 3%-х растворов: каустической соды, МС-8 и МС-8 в смеси с МБК концентрацией 5 г/л. Продолжительность

процесса составляла 5 минут, температура моющего раствора во всех случаях была идентичной и составляла 85°C. С собственниками таких автомобилей заключался договор, где они обязывались эксплуатировать автомобиль после ремонта двигателя в соответствии с руководством по эксплуатации и с наступлением следующего срока ремонта двигателя сообщить пробег автомобиля.

3. Средние ресурсы экспериментальных двигателей по рассматриваемым трем вариантам параметров технологического процесса составили соответственно 93400, 105130 и 114410 км. Наилучшие результаты получены при использовании 3%-го раствора МС-8 в смеси с МБК концентрацией 5 г/л. Повышение ресурса отремонтированного двигателя при использовании для мойки деталей 3%-го раствора МС-8 с добавкой МБК концентрацией 5 г/л в сравнении с 3%-м раствором каустической соды составило 22,5%, в сравнении с 3%-м раствором МС-8 – 8,8%.

4. Однако расхождения между тремя выборками могут быть обусловлены случайными причинами и находиться в пределах ошибки эксперимента. Проверка принадлежности выборок одной генеральной совокупности был проведен с использованием критерий серий. Установлено, что при уровне значимости 0,05 рассматриваемые выборки не принадлежат одной генеральной совокупности, т.е. расхождение между выборками не случайно.

5. При расчете экономической эффективности результатов исследования за базу для сравнения был принят первый вариант параметров технологического процесса (мойки в 3%-м растворе каустической соды при температуре 85°C в течение 5 минут). Экономический эффект достигается за счет увеличения ресурса отремонтированных двигателей на 21,5% (21 тыс. км), повышения производительности труда на 8% и снижения энергозатрат на разовый подогрев моющего раствора на 20,77 кВт·ч за счет снижения его температуры на 14-16°C при сохранении качества мойки. Расчетная величина экономического эффекта по отношению к 3%-му раствору каустической соды составляет 3604,00 руб. (22,5%), по отношению к 3%-му раствору МС-8 – 1315,72 руб. (8,2%) на один отремонтированный двигатель.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Решена имеющая важное хозяйственное значение научная проблема повышения эффективности технологического процесса мойки узлов, агрегатов и деталей мобильной техники при ее ремонте за счет совершенствования технологического процесса мойки. Выполнены новые технологические разработки, обоснованы их параметры (продолжительность процесса, температура моющего раствора и его состава по наличию СМС, добавок и их концентрации), вносящие значительный вклад в развитие страны.

Выявлены резервы повышения эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей, реализуемые через обоснованные параметры технологического процесса мойки, способствующего снижению трудоемкости ремонтных работ, достижению требуемой степени очистки деталей, что повышает культуру производства и препятствует использованию при ремонте деталей с неявно выраженными дефектами; сокращает время на выявление дефектов деталей и обеспечивает обоснованную и быструю замену негодных деталей; формирует на поверхности вымытых изделий пассивирующую пленку, которая повышает их коррозионную стойкость. Основными оценочными показателями моющего средства приняты его моющая способность, характеризуемая степенью очистки поверхностей от загрязнений, и противокоррозионные свойства, характеризуемые продолжительностью времени до появления первых очагов коррозии на поверхности после мойки.

2. Сформирована концепция оптимизации технологического процесса, основанная на комплексном подходе к исследованиям технологического процесса мойки составных частей мобильной техники при одновременном учете двух параметров оптимизации: степени очистки и коррозионной стойкости поверхностей деталей с целью снижения материальных и трудовых затрат при ремонте, повышения производительности труда, снижения энергозатрат для поддержания оптимальной температуры моющего раствора. На моющую способность и противокоррозионные свойства раствора влияют

продолжительность процесса, температура моющего раствора и его состав по наличию СМС, добавок и их концентрации.

3. Проведен комплекс экспериментальных исследований по выявлению зависимостей параметров оптимизации технологического процесса мойки от влияющих на них факторов, в ходе которых первоначально были определены оптимальные концентрации СМС (3%) и активизирующих добавок (0,5%) в водных растворах, температура моющего раствора (85°C) и продолжительность процесса (5 мин), а затем – оптимальный состав моющего раствора. Рассматривались моющие растворы на основе СМС с добавками соединений бора в различных соотношениях при фиксированных температуре моющего раствора (85°C) и продолжительности процесса (5 мин).

4. Установлено, что зависимость степени очистки образцов от продолжительности мойки имеет линейный характер, а от температуры моющего раствора аппроксимируется полиномом 3-й степени. Исходя из того, что при ремонте не требуется 100%-я очистка поверхностей узлов, агрегатов и деталей, оптимальные продолжительность мойки и температура моющего раствора определены из условия 80%-й степени очистки и для 3%-го водного раствора Лабомида-203 они составили 4,5-5 мин и 80 – 90°C.

Исследования моющей способности растворов проводились согласно матрице планирования полного факторного эксперимента с двумя факторами: концентрации СМС и концентрации МБЛ, МБН, МБК в растворах Лабомида-203, МС-8 и МЛ-51. Зависимость между параметром оптимизации процесса мойки и факторами (функция отклика) рассматривалась в виде полинома первой степени. Установлено, что наилучшими моющими способностями из исследованных СМС обладает МС-8, а из добавок – МБК. Полученные зависимости степени очистки от концентраций СМС и добавок позволяют при разработке технологических процессов мойки обоснованно выбирать состав моющего раствора в зависимости от требуемой степени очистки изделий от загрязнений.

5. Производственная проверка полученных результатов проводилась в ряде предприятий ЧР по автомобилям ВАЗ, в первый раз поступающим на ремонт двигателя. Мойку деталей разобранного двигателя выполняли в одном из трех исследуемых 3%-х растворов: каустической соды, МС-8 и МС-8 с добавкой МБК концентрацией 5 г/л. Повышение ресурса отремонтированного двигателя при использовании для мойки деталей 3%-го раствора МС-8 с добавкой МБК концентрацией 5 г/л в сравнении с 3%-м раствором каустической соды составило 22,5%, в сравнении с 3%-м раствором МС-8 – 8,8%.

6. Для проверки возможности улучшения противокоррозионных свойств моющих средств получены зависимости скорости коррозии, ингибиторного эффекта и степени защиты стали Ст.45Х за 30 суток в 3%-м растворе NaCl в присутствии МЛ-51, Лабомида-203 и МС-8 концентрацией 3% без добавки и с добавкой МБК различной концентрации. Зависимости всех трех показателей достигают экстремума в зоне концентрации добавки, равной 5 г/л. При увеличении концентрации МБК свыше 5 г/л заметное повышение степени защиты растворов не наблюдается. Полученный результат подтвержден методом снятия потенциодинамических поляризационных кривых, коррозионно-усталостными испытаниями стали в растворе моющего средства МС-8 с добавкой 5 г/л МБК, как наиболее эффективного из проверенных ранее растворов СМС.

7. Решение двухкритериальной задачи обоснования параметров технологического процесса мойки позволило установить, что наилучшие моющие и противокоррозионные свойства достигаются при использовании 3%-го раствора МС-8 с добавкой МБК концентрацией 5 г/л температурой от 80 до 90°C при продолжительности 4,5-5 мин. Степень очистки поверхностей деталей в этом растворе достигает 97,9%, коррозионная стойкость (продолжительность времени до появления первых очагов коррозии на поверхности вымытых деталей) – 22,2 суток, что позволяет исключить

дополнительную консервационную обработку деталей в межоперационный период хранения.

8. При расчете экономической эффективности результатов исследования за базу для сравнения был принят первый вариант параметров технологического процесса (мойка в 3%-м растворе каустической соды). Экономический эффект достигается за счет увеличения ресурса отремонтированных двигателей на 21,5% (21 тыс. км), повышения производительности труда на 8% и снижения энергозатрат на разовый подогрев моющего раствора на 20,77 кВт·ч за счет снижения его температуры на 14-18°C при сохранении качества мойки. Расчетная величина экономического эффекта составляет 3604,00 руб. на один отремонтированный двигатель.

Рекомендации производству. Для повышения эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей, улучшения санитарно-гигиенических условий труда работников, сокращения энергозатрат по поддержанию оптимальной температуры моющего раствора рекомендуется использовать 3%-й раствор МС-8 с добавкой МБК концентрацией 5 г/л.

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

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- АПК – агропромышленный комплекс;
АТК – автотранспортный комплекс;
АТП – автотранспортное предприятие;
ДВС – двигатель внутреннего сгорания;
ИТС – инженерно-техническая служба;
КР – капитальный ремонт;
ЛКМ – лакокрасочный материал;
ЛКП – лакокрасочное покрытие;
МБК – моноборат калия;
МБЛ – моноборат лития;
МБН – моноборат натрия;
ОГ – отработавшие газы;
ОПО – опасные производственные отходы;
ОС – окружающая среда;
ПАВ – поверхностно-активные вещества;
ПБА – пентаборат аммония;
ПДВ – предельно допустимые выбросы;
ПДК – предельно-допустимая концентрация;
ПДС – предельно допустимые сбросы;
ПС – подвижной состав;
ПТБ – производственно-техническая база;
РФ – Российская Федерация;
СИЗ – средства индивидуальной защиты;
СМС – синтетические моющие средства;
СТОА – станция технического обслуживания автомобилей;
СХПК – сельскохозяйственный производственный кооператив;
ТБА – тетраборат аммония;
ТО – техническое обслуживание;
ТР – текущий ремонт;
ТЭА – техническая эксплуатация автомобилей;
УЗ – ультразвук;
УМР – уборочно-моечные работы;
ЦПГ – цилиндропоршневая группа; ЧР – Чувашская Республика;

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авинаш, К. Диксит. Теория игр. Искусство стратегического мышления в бизнесе и жизни / Авинаш К. Диксит, Барри Дж. Нейлбафф – М.: «Манн», «Иванов и Фербер», 2016. – 464 с.
2. Агафонов, А.И. Способ исключения ошибок измерений при корреляционном анализе результатов парных экспериментов / А.И. Агафонов, В.Е. Рязанов, С.А. Васильев // Дорожно-транспортный комплекс: состояние, проблемы и перспективы развития: мат. VI науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2013. – С. 216-218.
3. Агеев, Е.В. Особые условия технической эксплуатации и экологическая безопасность автомобилей: учебное пособие / Е.В. Агеев, А.В. Щербаков, С.В. Пикалов. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2015. – 212 с.
4. Акимов, А.П. Автосервис и фирменное обслуживание автомобилей: учебное пособие / А.П. Акимов, И.А. Павлов, В.Е. Рязанов. – Чебоксары: РИО ЧПИ (филиал) МГОУ, 2012. – 224 с.
5. Акимов, Г.В. Основы учения о коррозии и защите металлов / Г.В. Акимов. – М.: Металлургиздат, 1986. – С. 371.
6. Александров, А.О. Способ защиты от коррозии кузовов при открытом хранении автомобилей / А.О. Александров, В.Е. Рязанов // Техника, дороги и технологии: перспективы развития: сб. тр. 6-й студенч. науч.-техн. конф. им. Н.В. Попова. – Чебоксары, 2014. – С. 75-76.
7. Алексеев, В.В. Эконометрика в OpenOffice.org Calc: лабораторный практикум / В.В. Алексеев, Г.Г. Волков, Е.А. Григорьев. – Чебоксары: ЧКИ РУК, 2011. – 160 с.
8. Алцыбеева, А.И. Ингибиторы коррозии металлов: справочник / А.И. Алцыбеева, Е.З. Левин. Под ред. проф. Л.И. Антропова. – Л.: Химия, 1968. – 264 с.
9. Андreyuk, Е.И. Микробная коррозия и её возбудители / Е.И. Андreyuk, В.И. Билай, Э.З. Ковель, И.А. Козлова – Киев: Наук думка. 1980. – 280 с.
10. Анурьев, С. Г. Перспективный способ мойки двигателей перед ремонтом

- [Текст] / С.Г. Анурьев // Технические науки: проблемы и перспективы: Материалы V Международной науч. конф. – СПб., 2017. – С. 53-55.
11. Бабков, В.Д. Дорожные условия и безопасность движения / В.Д. Бабков. – М.: Транспорт, 1982. – 288 с.
 12. Бедрик, Б.Г. Растворители и составы для очистки машин и механизмов: справочник / Б.Г. Бедрик, П.В. Чулков, С.И. Калашников. – М.: Химия, 1989. – 175 с.
 13. Бергман, Дж. Ингибиторы коррозии / Дж. Бергман. – М.: Химия, 1966. – 10 с.
 14. Беренсон, С.П. Химическая технология очистки деталей двигателей внутреннего сгорания / С.П. Беренсон. – М.: Транспорт, 1967. – 268 с.
 15. Беус, А.А. Геохимия окружающей среды / А.А. Беус, Л.И. Грабовская, Н.В. Тихонова. – М.: Недра, 1976. – 248 с.
 16. 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.
 17. Борщ, В.В. Особенности технологии ультразвуковой очистки газовой топливной аппаратуры при ремонте: дисс. ...канд. техн. наук: 05.02.08 / Борщ Виталий Викторович. – М., 2006. – 184 с.
 18. Бровченко, А.Д. Оценка эффективности использования современных способов и технологий для наружной мойки сельскохозяйственных машин / А.Д. Бровченко, А.Д. Нехаев // Проблемы развития технологий создания, сервисного обслуживания и использования технических средств в агропромышленном комплексе: сб. материалов международной науч.-практич. конференции. Под общей редакцией Н.И. Бухтоярова, В.И. Орбинского. – Воронеж: ВГАУ имени императора Петра I, 2017. – С. 172-175.
 19. Бухштаб, А.П. Технология синтетических моющих средств / А.П. Бухштаб, А.П. Мельник, В.М. Ковалев. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 320 с.
 20. Быков, В.В. Технология и организация восстановления деталей и сборочных единиц при сервисном обслуживании: учебное пособие / В.В. Быков, И.Г. Голубев, М.И. Голубев. – М.: Московский государственный

университет леса (Мытищи), 2014. – 274 с.

21. Быков, В.В. Новые материалы и покрытия для узлов трения навесного оборудования / В.В. Быков, В.Ю., В.Ю. Прохоров, Л.В. Окладников // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: материалы конференции. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2014. – С. 21-27.

22. Быков, В.В. Влияние вакуумной пропитки отходами производства растительных масел на прочность антикоррозионной бумаги / В.В. Быков, М.И. Голубев, И.В. Глебов // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2015. – Т. 19, № 6. – С. 100-103.

23. Быков, В.В. Типаж и эксплуатация технологического оборудования сервисных предприятий: учебное пособие / Ю.В. Башкирцев, М.И. Голубев, В.В. Быков, И.Г. Голубев. – М.: Российская Инженерная Академия Менеджмента и Агробизнеса (Санкт-Петербург), 2017. – 110 с.

24. 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.

25. 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.

26. 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.

27. 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.

28. 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.

29. 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.

30. 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.

31. 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.

32. Вахидов, А.С. Методы совершенствования мойки автомобилей / А.С. Вахидов, В.Г. Козлов // Молодежный вектор развития аграрной науки: сб. материалов 67-й студенческой науч. конференции. – Воронеж: ВГАУ имени императора Петра I, 2016. – С. 52-55.

33. Бухштаб, А.П. Технология синтетических моющих средств / А.П. Бухштаб, А.П. Мельник, В.М. Ковалев. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 320 с.

34. Веревкин, Н.И. Производственно-техническая инфраструктура сервисного обслуживания автомобилей: учебное пособие / Н.И. Веревкин. – М.: Академия, 2012. – 400 с.

35. Виды ремонта автомобилей [электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://avtolegko.ru/remont/vidy-remonta-avtomobilei#ixzz4ggLzIXAC>.

36. Власов, В.М. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования / В.М. Власов, С.В. Жанказиев, С.М. Круглов. – М.: Академия, 2003. – 480 с.
37. Воробьев, Н.Н. Теория игр: учебное пособие для университетов и экономических вузов / Н.Н. Воробьев – М.: Наука, 1985. – 271 с.
38. Воронцов, А.П. Способы хранения и защиты от коррозии сельскохозяйственной техники в условиях степной зоны Украинской АССР: дисс. ...канд. техн. наук: 05.20.03 / Воронцов Анатолий Павлович. – Харьков, 1986.– 127 с.
39. Гаврилов, А.К. Система жидкостного охлаждения автотракторных двигателей / А.К. Гаврилов. – М.: Машиностроение, 1986. – 163 с.
40. Гайдар, С.М. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии и износа с применением нанотехнологий: дисс. ...доктора техн. наук / Гайдар Сергей Михайлович. – М., 2011. – 433 с.
41. Герасименко, А.А. Биокоррозия и защита металлоконструкций / А.А. Герасименко // Практика противокоррозионной защиты. – 1998. – № 4(10).– С. 14-26.
42. Герасименко, А.А. Защита машин от биоповреждений / А.А. Герасименко. – М.: Машиностроение, 1984. – 112 с.
43. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (с изменениями от 03.11.2005, 04.02.2008, 27.01.2009). – М.: Минздрав России, 2003. – 87 с.
44. Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.686-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. – М.: Минздрав России, 1998. – 76 с.
45. Голяницкий, О.И. Летучие ингибиторы атмосферной коррозии черных металлов / О.И. Голяницкий. – Челябинск: Кн. изд-во, 1958. – 76 с.
46. Горбов, А.Ф. Геохимия бора / А.Ф. Горбов. – Л.: Недра, 1976. – 207 с.
47. ГОСТ 17.2.2.02-98 Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Нормы и методы

определения дымности отработавших газов дизелей, тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин. – М.: Стандартинформ, 1998. – 15 с.

48. ГОСТ 18322 – 78. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения (с изм. №1, 2, декабрь 2007г.). – М.: Стандартинформ, 2007. – 11 с.

49. ГОСТ 25866-83. Эксплуатация техники. Термины и определения. – Введ. 01.01.1985, с изм. от 18.10.2016 г. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 7 с.

50. ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно исследовательской работе. Структура и правила оформления. – Введ. 01.07.2002 взамен ГОСТ 7.32.91. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 16 с.

51. ГОСТ Р 27.002-2015 «Надежность в технике. Термины и определения». – М.: Стандартинформ, 2016. – 23 с.

52. ГОСТ Р 52033-2003. Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния (с изменениями №1). – М.: Стандартинформ, 2007. – 10 с.

53. ГОСТ Р 52160-2003 Автотранспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния.– М.: Госстандарт России, 2003.– 9 с.

54. ГОСТ Р 53480-2009 «Надежность в технике. Термины и определения». – М.: Стандартинформ, 2010. – 30 с.

55. ГОСТ Р 54942-2012 Газобаллонные автомобили с искровыми двигателями. Выбросы вредных (загрязняющих) веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния. – М.: Стандартинформ, 2013. – 14 с.

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

57. Гоц, В.В. Методы окраски промышленных изделий / В.В. Гоц,

В.Н. Ратников, П.Г. Гисин. – М.: Химия, 1975. – 264 с.

58. Григорьев, Г.В. Обоснование технологии консервации и защиты от коррозии сельскохозяйственной техники микровоском в условиях агропромышленного комплекса: дисс. ...канд. канд. техн. наук: 05.20.03 / Григорьев Георгий Владимирович. – М., 1987. – 186 с.

59. Григорьев, Д.А. Совершенствование технологического процесса антикоррозионной обработки сельскохозяйственной техники / Д.А. Григорьев, А.Д. Бровченко, Е.В. Пухов, И.А. Спицин // Современные научно-практические решения в АПК: сб. материалов международной науч.-практич. конференции. – Воронеж: ВГАУ им. императора Петра I, 2017. – С. 155-158.

60. Григорьев, М.А. Очистка масла и топлива в автотракторных двигателях / М.А. Григорьев. – М.: Машиностроение, 1970. – 271 с.

61. Грилихес, С.Я. Обезжиривание, травление и полирование металлов / С.Я. Грилихес, под ред. П.М. Вячеславова. Изд. 5-е, перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. – 101 с.

62. Грушко, Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах / Я.М. Грушко. – Л.: Химия, 1979. – 160 с.

63. Гуревич, Л.М. Временное руководство по применению моющих препаратов МЛ-51 и МЛ-52: инструкция / Л.М. Гуревич, Б.Б. Нефедов и др. – М.: ОНТИ ГОСНИТИ, 1970. – 11 с.

64. Дальский, А.М. Технология конструкционных материалов: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. 6-е изд., испр. и доп. / А.М. Дальский, Т.М. Барсукова, А.Ф. Вязов и др. – М.: Машиностроение, 2005. – 592 с.

65. Дашков, В.Н. Обоснование эксплуатационных методов повышения срока службы стационарного оборудования животноводческих ферм, подверженного коррозионному разрушению: дисс. ...канд. техн. наук: 05.20.03 / Дашков Владимир Николаевич. – Минск, 1983. – 223 с.

66. Дехтеринский, Л.В. Ремонт автомобилей: учебник для вузов / Л.В. Дехтеринский, К.Х. Акмаев, В.П. Апсин и др. Под ред. Л.В. Дехтеринского. – М.: Транспорт, 1992. – 295 с.
67. Дмитренко, В.М. Технологические процессы технического обслуживания, ремонта и диагностирования подвижного состава автотранспортных средств: конспект лекций / В.М. Дмитренко. – Пермь: Изд-во Пермского ГТУ, 2004. – 211 с.
68. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: учебник / Б. А. Доспехов. – М.: Изд-во «Альянс», 2011. – 350 с.
69. Дуденко, С.В. Основы теории и практика применения флотационных реагентов / С.В. Дуденко, Л.Я. Шубов, Л.А. Глазунов и др. Под ред. С. И. Митрофанова, С. В. Дуденкова. – М.: Мир, 1980. – 404 с.
70. Ежевский, А.А. Повышение эффективности технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники в СССР / А.А. Ежевский. // Труды ГОСНИТИ. – М., 1974. – Т. 12, № 2. – С. 60-65.
71. Емелин, В.И. Восстановление деталей и узлов машин: учебник / В.И. Емелин. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. – 536 с.
72. Емелин, М.И. Защита машин от коррозии в условиях эксплуатации / М.И. Емелин, А.А. Герасименко. – М.: Машиностроение, 1980. – 224 с.
73. Ершов, Б.В. Техническое обслуживание автомобилей ЗИЛ-164А и ЗИЛ-164АР / Б. В. Ершов, М. В. Залетаев. Под ред. Г. А. Феста. – М.: Автотрансиздат, 1963. – 156 с.
74. Жанказиев, С.В. Научные основы и методология формирования интеллектуальных транспортных систем в автомобильно-дорожных комплексах городов и регионов: дисс. ...доктора техн. наук: 05.22.10 / Жанказиев Султан Владимирович. – М., 2012. – 451 с.
75. 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.
76. Жук, Н.П. Курс коррозии и защиты металлов / Н.П. Жук. –

М.: Металлургия, 1968. – 408 с.

77. Жукова, М.А. Характеристика автообслуживающих предприятий Ленинского района / М.А. Жукова, В.Е. Рязанов // Студенческая наука – агропромышленному комплексу: сб. науч. трудов. – Чебоксары, 2012. – С. 72-76.

78. Загородских, Б.П. Обоснование и подбор оборудования установки для очистки дизельного топлива при заправке мобильных сельскохозяйственных машин / Б.П. Загородских, С.В. Абрамов, Д.С. Маяков // Труды ГОСНИТИ, 2015. – Т. 119. – М.: Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ. – С. 108-112.

79. Загородских, Б.П. Совершенствование очистки дизельного топлива при заправке автотракторной техники / Д.С. Маяков, Б.П. Загородских, С.В. Абрамов // Проблемы и перспективы инновационного развития мирового сельского хозяйства: сб. трудов конференции. Под редакцией И.Ф. Сухановой, М.В. Муравьевой. – Саратов: изд-во ООО «Центр социальных агроинноваций СГАУ», 2015. – С. 120-122.

80. Загородских, Б.П. Влияние обводнённости дизельного топлива на работоспособность прецизионных деталей топливной аппаратуры / Б.П. Загородских, С.В. Абрамов, Д.С. Маяков // Стратегическое развитие АПК и сельских территорий РФ в современных международных условиях: сб. материалов международной науч.-практич. конференции, посвящённой 70-летию Победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг. Главный редактор А.С. Овчинников. – Волгоград: ВГАУ, 2015. – С. 27-30.

81. Загородских, Б.П. Краткое обоснование процесса очистки дизельного топлива от воды в электростатическом очистителе-водоотделителе / Б.П. Загородских, С.В. Абрамов // Труды ГОСНИТИ, 2016. – Т. 124, № 1. – М.: Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ. – С. 63-68.

82. Загородских, Б.П. Снижение обводнённости дизельного топлива при эксплуатации автотракторной техники / Б.П. Загородских, С.В. Абрамов, Д.С. Маяков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса:

- наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 3(43). – С. 192-196.
83. Залетохин, В.А. Конструирование деталей механических устройств: справочник / В.А. Залетохин. – Л.: Машиностроение, 1990. – 669 с.
84. Захаров, Н.С. Влияние сезонных условий на процессы изменения качества автомобилей: автореферат дисс. ...доктора техн. наук: 05.22.10 / Захаров Николай Степанович. – Тюмень, 2000. – 38 с.
85. Защита строительных конструкций от коррозии / Госстрой России. – Пенза: ЦПП, 2007. – 56 с.
86. Зимон, А.Д. Адгезия жидкости и смачивание / А.Д. Зимон. – М.: Химия, 1974. – 414 с.
87. Зорин, В.А. Основы работоспособности технических систем: учебник / В.А. Зорин. – М.: ООО «Магистр-Пресс», 2005. – 536 с.
88. Зуйдема, Г. Эксплуатационные свойства смазочных масел / Г. Зуйдема. – М.: Гостоптехиздат, 1957. – 172 с.
89. Изгарышев, Н.А. Курс теоретической электрохимии: учебник для химико-технологических вузов и факультетов / Н.А. Изгарышев, С.В. Горбачев. – М.-Л.: Госхимиздат, 1971. – 504 с.
90. Изгарышев, Н.А. Электрохимия и ее техническое применение / Н.А. Изгарышев. – Л.: НХТИ, 1979. – 412 с.
91. Илларионов, И.Е. Трехкомпонентные системы из боратов аммония с некоторыми солями, аминами и амидами в машиностроении: монография / И.Е. Илларионов, Ш.В. Садетдинов, И.В. Фадеев. Под общ. ред. И.Е. Илларионова. – Чебоксары: ЧуГУ им. И.Н. Ульянова, 2018. – 199 с.
92. Ингибитор коррозии для грунтовок по металлу [Текст]: пат. 2572125 Рос. Федерация: МПК С 09 D 5/08, С 01 В 35/12, С 01 В 35/18, С 01 G 37/00 / Фадеев И.В., Садетдинов Ш.В., Новоселов А.М.; заявитель и патентообладатель Фадеев И.В. – №2014113529/05; заявл. 07.04.14; опубл. 27.12.15, Бюл. №29.
93. Инструкция по оценке качества содержания (состояния) автомобильных дорог ВН 10-87 (с изменениями 1990-01-01). Минавтодор РСФСР – М.: Транспорт, 1990. – 22 с.

94. Камере, А.Э. Исследование борной кислоты и ее взаимодействие с полиоксисоединениями методом ЯМР-спектроскопии: автореф. дисс. ...канд. хим. наук: 02.00.03 / Камере Арнольд Эрнстович. – Рига, 1981. – 22 с.
95. Карагодин, В.И. Проектирование авторемонтных предприятий: учеб. пособие / В.И. Карагодин. – М.: ООО «Техполиграфцентр», 2005. – 358 с.
96. 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.
97. Карагодин, В.И. Формирование и теоретическое обоснование основных направлений эффективного развития системы фирменного ремонта автомобилей: дисс. ...доктора техн. наук 05.22.10 / Карагодин Виктор Иванович – М., 1995. – 547 с.
98. Карнаушко, Е. В. Ресурсосберегающая технология гидродинамической очистки тепловозных узлов и деталей при ремонте: дисс. ...канд. техн. наук: 05.22.07/ Карнаушко Елена Владимировна. – М., 2002. – 184 с.
99. Карпенко, Г.В. Влияние среды на прочность и долговечность металлов / Г.В. Карпенко. – Киев: Наук Думка, 1976. – 127 с.
100. Кассандрова, О.Н. Обработка результатов наблюдений: учебник для студентов ВУЗов / О.Н. Кассандрова, В.В. Лебедев. – М.: Наука, 1970. – 104 с.
101. Катунский, А.М. Неисправности и повреждения гусеничных машин / А.М. Катунский. – М.: Военное изд-во МО СССР, 1976. – 236 с.
102. Керимов, Р.М.-Оглы. Повышение долговечности опрыскивателя путем улучшения противокоррозионной защиты: дисс. ...канд. техн. наук: 05.13.01 / Керимов Рамиз Мамедали-Оглы. – М., 1987. – 134 с.
103. Киселев, И.С. Экспериментальные исследования по совершенствованию очистных работ колес сельскохозяйственной техники, тракторов и автомобилей / И.С. Киселев, А.И. Королев, Е.В. Пухов // Наука, образование и инновации в современном мире: сб. материалов национальной науч.-практич. конференции. – Воронеж: ВГАУ им. императора Петра I, 2018. – С. 390-393.

104. Киселев, И.С. Разработка технологии мойки колес автомобилей при транспортировке сельскохозяйственной продукции / И.С. Киселев, Е.В. Пухов, А.И. Королев // Проблемы развития технологий создания, сервисного обслуживания и использования технических средств в агропромышленном комплексе: сб. материалов международной науч.-практич. конференции. Под общей редакцией Н.И. Бухтоярова, В.И. Оробинского. – Воронеж: ВГАУ им. императора Петра I, 2017. – С. 172-175.
105. Козлов, В.Г. Методы борьбы с коррозией металлов / В.Г. Козлов, И.В. Титова, А.Н. Коноплин, Н.Н. Булыгин // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 6. – С. 53-57.
106. Козлов, Ю.С. Допустимая загрязненность поверхности деталей. / Ю.С. Козлов // Автомобильный транспорт. – 1974. – № 11. – С. 33-35.
107. Козлов, Ю.С. Очистка автомобилей при ремонте / Ю.С. Козлов. – М.: Транспорт, 1975. – 216 с.
108. Козлов, Ю.С. Очистка изделий в машиностроении. / Ю.С. Козлов, О.К. Кузнецов, Н.Ф. Тельнов. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.
109. Колотыркин, Я.М. Современное состояние теории пассивности металлов / Я.М. Колотыркин // Вестник АН СССР. – 1977. – №7. – С. 73-80.
110. Королев, Ю.В. Защита оборудования от коррозии / Ю.В. Королев, В.Е. Путилов. – Л.: Машиностроение, 1973. – 136 с.
111. Коррозия металлов и сплавов: сборник. – М.: Металлургия, 1965. – 284 с.
112. Коррозия: справочник / Под редакцией Л.Л. Шрайера, перевод с английского В.С. Синявского. – М.: Металлургия, 1981. – 632 с.
113. Кох, П.И. Климат и надежность машин / П.И. Кох. – М.: Машиностроение, 1981. – 175 с.
114. Кравченко, И.Н. Основы надежности машин: учебник / И.Н. Кравченко, В.А. Зорин, Е.А. Пучин. – М.: Изд-во ООО «Момент», 2007. – 260 с.
115. Крапивин, В.Ф. Теоретико-игровые методы синтеза сложных систем в конфликтных ситуациях / В.Ф. Крапивин. – М.: «Советское радио», 1972. – 192 с.
116. Красноярский, В.В. Коррозия и защита металлов: учеб. пособие для

- учащихся гидроэнерг., энерг. и энергостроит. техникумов / В.В. Красноярский, Г.Я. Френкель, Р.П. Носов. – М.: Metallургия, 1969. – 301 с.
117. Краткий справочник по химии: изд. 4-е, испр. и доп. Под ред. О.Д. Куриленко. – Киев: Наука Думка, 1974. – 985 с.
118. Кривенко, П.М. Техническое обслуживание дизельной топливной аппаратуры / П.М. Кривенко, И.М. Федосов. – М.: Колос, 1970. – 536 с.
119. Круглик, В.М. Технология обслуживания и ремонта автотранспорта / В.М. Круглик, Н.Г. Сычев. – М.: Новое знание, 2013. – 260 с.
120. Крутоус, Е.Б. Техника мойки изделий в машиностроении / Е.Б. Крутоус, М.И. Некрич. – М.: Машиностроение, 1987. – 239 с.
121. Кугель, Р.В. Долговечность автомобилей / Р.В. Кугель. – М.: Машгиз, 1961. – 432 с.
122. 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.
123. Кузнецов, Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. – М.: Наука, 2001. – 535 с.
124. Кузнецов, Ю.И. Адсорбция олеата натрия на стали с магнетитным покрытием / Ю.И. Кузнецов, Д.Б. Вершок, Д.С. Булгаков // Коррозия: материалы, защита. – 2011. – №3. – С. 32-35.
125. Курганов, В.М. Управление автомобильными перевозками на основе ситуационного подхода: дисс. ...доктора. техн. наук: 05.22.08 / Курганов В.М. – М., 2004. – 334 с.
126. Курочкин, В.В. Надежность и ремонт машин: учебник / В.В. Курочкин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов. – М.: Колос, 2000. – 776 с.
127. Латышенко, М.Б. Обоснование ресурсосберегающих технологических приемов и разработка средств механизации для подготовки сельскохозяйственной техники к длительному хранению: дисс. ...доктора. техн. наук: 05.20.01, 05.20.03 / Латышенко М.Б. – Рязань, 1999. – 410 с.
128. Латышенко, М.Б. Прогнозирование эффективности применения новых

технологий и средств механизации наружной очистки сельскохозяйственной техники / М.Б. Латышенко, В.В. Терентьев, С.Г. Малюгин и др. // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сборник научных трудов – Рязань, 2001. – С. 78-83.

129. Латышёнков, М.Б. Ресурсосберегающая технология консервации сельскохозяйственных машин / М.Б. Латышёнков, В.В. Терентьев, С.Г. Малюгин // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сборник научных трудов – Рязань, 1999. – С. 98-101.

130. Лебедев, А.Т. Технология восстановления работоспособности деталей и сборочных единиц при ремонте машин и оборудования: лабораторный практикум, Ч. I. Технология ремонта основных систем, сборочных единиц, машин, оборудования и деталей / А.Т. Лебедев, А.В. Петров, Е.М. Зубрилина, Н.Ю. Землянушнова. – Ставрополь: Ставропольский ГАУ, 2010. – 244 с.

131. Лебединский, К.В. Ресурсосберегающий метод очистки машиностроительной продукции от углеводородсодержащих производственных загрязнений / К.В. Лебединский, Н.Е. Курносков // Экологические проблемы современности. – Пенза, 2011. – С. 61-65.

132. Львовский, Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул / Е.Н. Львовский, И.А. Чернов. – М.: Высшая школа, 1982. – 224с.

133. Любимов, В.В. Защитные покрытия изделий: справочник / В.В. Любимов. – Л.: Изд-во «Машиностроение», 1960. – 216 с.

134. Лянденбургский, В.В. Техническая эксплуатация автомобилей. Курсовое проектирование: учебное пособие / В.В. Лянденбургский, А.С. Иванов, А.В. Рыбачков. – Пенза: ПГТУ, 2008. – 260 с.

135. Лянденбургский, В.В. Техническая эксплуатация автомобилей. Курсовое проектирование: учебное пособие / В.В. Лянденбургский, А.С. Иванов, А.В. Рыбачков. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 260 с.

136. Макаров, И.С. Технологии и технические средства очистки резервуаров от

- нефтяных отложений / И.С. Макаров, Н.П. Колесников // Современные тенденции развития технологий и технических средств в сельском хозяйстве: сб. материалов международной науч.-практич. конференции, посвященной 80-летию А.П. Тарасенко, доктора технических наук, заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора кафедры сельскохозяйственных машин Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I. Под общей редакцией Н.И. Бухтоярова, В.И. Оробинского, И.В. Баскакова. – Воронеж: ВГАУ имени императора Петра I, 2017. – С. 69-72.
137. Малкин, В.С. Техническая эксплуатация автомобилей: Теоретические и практические аспекты / В.С. Малкин. – М.: Академия. – 2007. – 288 с.
138. Мальцев, Г.Н. Коррозия и защита оборудования от коррозии: учеб. пособие / Г.Н. Мальцев. Под ред. С.Н. Виноградова. – Пенза: Пенз. гос. ун-т, 2000. – 211 с.
139. 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.
140. Марков, О.Д. Автосервис: рынок, автомобиль, клиент / О.Д. Марков. – М.: Транспорт, 1999. – 270 с.
141. Махмудов, Н. Исследование и обоснование показателей противокоррозионных качеств сельскохозяйственных машин на примере зерноуборочного комбайна СК-5 «Нива»: дисс. ...канд. тех. наук: 05.20.03 / Махмудов Наимжон. – М., 1980. – 160 с.
142. Межотраслевые правила к охране труда при эксплуатации нефтебаз, складов ГСМ, стационарных и передвижных АЗС, утверждены Постановлением Минтруда РФ от 06.05.2002 г. №33.
143. Мельничук, О. В. Датчики мутности жидких сред для систем управления технологическими процессами: дисс. ...канд. техн. наук: 05.13.05 / Мельничук Ольга Васильевна. – Уфа, 2011. – 175 с.
144. Методы консервации металлических изделий при хранении с помощью

- ингибиторов и защитных смазок: материалы семинара в Московском доме науч.-техн. пропаганды им. Ф. Э. Дзержинского, сб. 1. – М.: Изд-во МДНТП, 1961. – 85 с.
145. Митропольский, А.К. Техника статистических вычислений. Изд. 2-е, перераб. и доп. / А.К. Митропольский. – М.: Наука, 1971. – 576 с.
146. Михайлова, А.А. Противокоррозионная защита сельскохозяйственной техники / А.А. Михайлов, Р.А. Игнатьев. – М.: Россельхозиздат, 1981. – 256 с.
147. Михлин, В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники / В.М. Михлин. – М.: Колос, 1984. – 334 с.
148. Мочалин, С.М. Развитие теории грузовых автомобильных перевозок по радиальным маршрутам: дисс. ...доктора техн. наук: 05.22.10 / Мочалин Сергей Михайлович. – Омск., 2004. – 344 с.
149. Моющая композиция для очистки металлических поверхностей [Текст]: пат. 2629023 Рос. Федерация: МПК С 11 D 3/06, С 11 D 3/30, С 11 D 3/37, С 11 D 1/04/ Илларионов И.Е., Фадеев И.В., Ременцов А.Н., Садетдинов Ш.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Чувашский гос. ун-т им. И.Н. Ульянова». – №2016143245/04; заявл. 02.11.16; опубл. 24.08.17, Бюл. №24.
150. Моющее средство [Текст]: пат. 2422499 Рос. Федерация: МПК С 11 D 1/66, С 11 D 3/48, С 11 D 3/20, С 11 D 3/04/ Новгородцев С. В.; заявитель и патентообладатель ООО «Технологии третьего тысячелетия» – заявл. 19.02.10; опубл. 27.06.11.
151. Моющее средство для очистки деталей, узлов и агрегатов транспортных средств [Текст]: пат. 2620593 Рос. Федерация: МПК С 11 D 1/72, С 11 D 3/06, С 11 D 3/10, С 11 D 3/08/ Фадеев И.В.; заявитель и патентообладатель Фадеев И.В. – №2016116194/04; заявл. 25.04.16; опубл. 29.05.17, Бюл. №16.
152. Накамото, К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений / К. Накамото. – М.: Мир, 1991. – 536 с.
153. Налимов, В.В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В.В. Налимов, И.А. Чернов. – М.: Наука, 1965. – 340 с.
154. Неволин, Ф.В. Химия и технология синтетических моющих средств /

- Ф.В. Неволин. – М.: Пищевая промышленность, 1964. – 364 с.
155. Нефедов, Б.Б. Новые способы и средства очистки деталей при ремонте / Б.Б. Нефедов. – М.: БТИ ГОСНИТИ, 1967. – 16 с.
156. Николаев, В.Н. К вопросу применения полимерных композиций для противокоррозионной защиты кузовов автомобилей / В.Н. Николаев, И.В. Фадеев // Известия Национальной академии наук и искусств Чувашской Республики. – 1998. – С. 72-74.
157. Николаев, В.Н. Клеевые композиции в качестве противокоррозионных композиций / В.Н. Николаев, И.В. Фадеев, Л.В. Михайлова // Новые химические технологии: производство и применение: сб. материалов Всероссийской науч. - практ. конф. – Пенза, 1999. – С. 56-61.
158. Николаев, В.Н. Полиэфируретандиметакрилатный олигомер Д-10ТМ и некоторые пути его практического применения / В.Н. Николаев, Д.В. Кузьмин, И.В. Фадеев // Известия национальной академии наук и искусств Чувашской Республики. – 1999. – №7. – С. 138-170.
159. Николаев, В.Н. Противокоррозионные полимерные композиции на основе ПДИ-3 и диизоцианатов / В.Н. Николаев, И.В. Фадеев // Высокомолекулярные соединения в промышленности: технология производства и применение: сб. материалов науч.-техн. конф. – Пенза, 1997. – С. 23-27.
160. Николаев, В.Н. Разработка масло- и бензостойких быстроотверждающихся полимерных композиций с повышенной адгезией к стали / В.Н. Николаев, И.В. Фадеев, И.В. Николаев // Научно-технический прогресс и социально-экономические, правовые аспекты потребительской кооперации в современных условиях: тез. докладов науч.-практ. конф. – Чебоксары, 1998. – С. 72-73.
161. Николаев, В.Н. Роль кинетических исследований в формировании научных основ технологии переработки ОЭУА в изделия и материалы / В.Н. Николаев, Д.Л. Кузьмин, И.В. Фадеев // Кооперативная самобытность в новом тысячелетии: тезисы докладов межвузовской науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2001. – С. 224-225.
162. Новиков, А.Н. Восстановление и упрочнение деталей автомобилей:

учебное пособие / А.Н. Новиков, М.П. Стратулат, А.Л. Севостьянов. – Орел: ОрелГТУ, 2006. – 332 с.

163. Новиков, А.Н. Технологические основы восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники из алюминиевых сплавов электрохимическими способами: автореферат дисс. ...доктора техн. наук: 05.20.03 / Новиков Александр Николаевич. – М., 1999. – 37 с.

164. Олейник, Н.В. Сопротивление усталости материалов и деталей машин в коррозионных средах / Н.В. Олейник, А.Н. Магденко, С.П. Скляр. – Киев: Наука думка, 1987. – 200 с.

165. ОНТП – 01 – 91. РД 3107938-0176-91. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта, утв. протоколом концерна «Росавтотранс» от 07.08.1991г. №3. – М.: Росавтотранс, 1991. – 76 с.

166. Официальные статистические публикации территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Чувашской Республике за 2014-2017 годы [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.chuvash.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/chuvash/ru/publications/official_publications/electronic_versions/.

167. Очистка выпускных клапанов от нагара [электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.drive2.ru/b/467526089099444998/>.

168. Очистка деталей с помощью электрического разряда в жидкости [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stroy-technics.ru/article/ochistka-detalei-s-pomoshchyu-elektricheskogo-razryada-v-zhidkosti/>.

169. Павлов, В.С. Влияние составляющих загрязнений полотна автомобильных дорог на коррозию деталей автомобилей / В.С. Павлов, В.Е. Рязанов, И.В. Фадеев // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств: материалы Международной науч.-практ. конф., посвященной 80-летию профессора И.Н. Аринина. – Владимир, 2007. – С.142-143.

170. Павлов, В.С. Исследование качества распыла при пневматической водно-восковой дисперсии / В.С. Павлов, В.Е. Рязанов // Роль высшей школы в

реализации проекта «Живое мышление – стратегия Чувашии»: сб. трудов Международной науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2010. – С. 267-269.

171. Павлов, В.С. Коррозия деталей легковых автомобилей / В.С. Павлов, В.Е. Рязанов, И.В. Фадеев // Прогрессивные технологии в транспортных системах: сб. докладов 8-й Российской науч.-практ. конф. – Оренбург, 2007. – С. 247-249.

172. Павлов, В.С. Планирование экспериментов в автотранспорте / В.С. Павлов, В.Е. Рязанов // Перспективы развития технического сервиса в агропромышленном комплексе: сб. материалов Всероссийской науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2014. – С. 114-116.

173. Павлов, В.С. Противокоррозионная защита оборудования птицеводческих комплексов на примере клеточной батареи КБУ: дисс. ...канд. техн. наук: 05.20.03 / Павлов Владимир Степанович. – М., 1994. – 173 с.

174. Павлов, И.П. Повышение физико-механических и противокоррозионных свойств битумных составов / И.П. Павлов, В.Е. Рязанов, И.В. Фадеев // Дорожно-транспортный комплекс: состояние, проблемы и перспективы развития: сб. материалов 7-й Межвузовской науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2014. – С. 52-56.

175. Павлов, И.П. Способ улучшения защитных свойств лакокрасочных материалов / И.П. Павлов, В.Е. Рязанов, И.В. Фадеев // Дорожно-транспортный комплекс: состояние, проблемы и перспективы развития: сб. материалов 7-й Межвузовской науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2014. – С. 57-61.

176. Пантелеенко, Ф.И. Восстановление деталей машин: справочник / Ф.И. Пантелеенко, В.П. Лялякин, В.П. Иванов, В.М. Константинов. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.

177. Папок, К.К. Нагары в реактивных двигателях / К.К. Папок, В.П. Пискунов, П.Г. Юреня. – М.: Транспорт, 1971. – 112 с.

178. Петров, П.Л. Исследование эффективности электрохимической защиты от коррозии стали 08кп различными противокоррозионными составами / П.Л. Петров, И.В. Фадеев // Техника, дороги и технологии: перспективы

- развития: сб. трудов 6-й студенч. науч.-техн. конф. им. Н.В. Попова.– Чебоксары, 2014.– С.102-107.
179. Плудек, В. Защита от коррозии на стадии проектирования. Пер. с английского / В. Плудек. – М.: Мир, 1980. – 440 с.
180. 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.
181. Пневматический краскораспылитель для окрашивания разнонаправленных поверхностей [Текст]: пат. 2467806 Рос. Федерация: МПК В 05 В 7/24/ Акимов А.П., Павлов И.А., Павлов Д.И., Пахмутов Н.В., Рязанов В.Е., Павлов И.П.; заявитель и патентообладатель Акимов А.П., Павлов И.А. – №2015157505; заявл. 09.11.10; опубл. 27.11.12., Бюл. №10.
182. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта Минтранс РСФСР. – М.: Транспорт, 1984. – 82 с.
183. Похмурский, В.И. Коррозионно-усталостная прочность сталей и методы ее повышения / В.И. Похмурский. – Киев: Наука Думка, 1974. – 186 с.
184. Препарат АМБА – ингибитор коррозии черных и цветных металлов в сернистой нефти и нефтепродуктах. – М.: Изд-во ВДНХ СССР, 1969. – 210 с.
185. 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.
186. Прохоренков, В.Д. Практика защиты от коррозии сельскохозяйственной техники в современных условиях / В.Д. Прохоренков, А.И. Петрашев // Технология металлов. – 2000. – №8. – С. 14-20.
187. 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.
188. Пустов, Ю.А. Коррозионностойкие и жаростойкие материалы. Методы

коррозионных исследований и испытаний. Курс лекций / Ю.А. Пустов, А.Г. Ракоч. – М.: Изд-во «МИСИС», 2013. – 128 с.

189. 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.

190. Пучин, Е.А. Технология ремонта машин: учебник / Е.А. Пучин, О.Н. Дирманидзе, В.Г. Новиков. – М.: Изд-во УМЦ «Триада», 4.1, 2006. – 348 с.

191. Пучин, Е.А. Технология ремонта машин: учебник / Е.А. Пучин, О.Н. Дирманидзе, В.Г. Новиков. – М.: Изд-во УМЦ «Триада», 4.2, 2006. – 284 с.

192. Раствор для получения магнетитных покрытий на стали [Текст]: пат. №2510733 Рос. Федерация: МПК С 23 С 22/62, С 23 С 22/68, С 23 F 11/18/ Кузнецов, Ю.И., Вершок Д.Б., Булгаков Д.С.; заявитель и патентообладатель ФГБУН Ин-т физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН. – заявл. 26.07.12; опубл. 10.04.14. Бюл. №10.

193. Раствор для получения магнетитных покрытий на стали [Текст]: пат. 2614504 Рос. Федерация: МПК С 23 С 22/62, С 23 С 22/68, С 23 F 11/18/ Илларионов И.Е., Фадеев И.В., Садетдинов Ш.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Чувашский гос. ун-т им. И.Н. Ульянова». – №2015157505; заявл. 31.12.15; опубл. 28.03.17, Бюл. №10.

194. РД 37.009.026-92. Положение о техническом обслуживании и ремонте автотранспортных средств, принадлежащих гражданам (легковые и грузовые автомобили, автобусы, мини-трактора), утв. и введено в действие с 01.01.93 г. приказом по Департаменту автомобильной промышленности Минпрома РФ №43 от 01.11.92 г.

195. Ребиндер, П. А. Наука о новых материалах: ежегодник / П.А. Ребиндер. // Наука и человечество. – М.: Изд-во «Знание». – 1963. – 528 с.

196. Ребиндер, П. А. Поверхностно-активные вещества и их применение / П.А. Ребиндер // Химическая наука и промышленность. – 1969. – №5. – С. 554-56.

197. Ременцов, А.Н. Влияние компонентов водной среды полотна

автомобильной дороги на водопоглощение противокоррозионного покрытия / А.Н. Ременцов, И.В. Фадеев // Дорожно-транспортный комплекс: состояние и перспективы развития: сборник докладов и сообщений 3-й Межрегиональной науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2009. – С. 41-44.

198. Ременцов, А.Н. Противокоррозионные полимерные композиции на основе олигоэфируретандиметакрилата Д-10ТМ. / А.Н. Ременцов, И.В. Фадеев // Автотранспортное предприятие. – 2009. – №12. – С. 48-51.

199. Ремонт машин: учебники и учебные пособия для высших учебных заведений / Под редакцией Н.Ф. Тельнова. – М.: Агропромиздат, 1992. – 560 с.

200. 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.

201. Розенфельд, И.Л. Ингибиторы коррозии / И.Л. Розенфельд. – М.: Химия, 1977. – 350 с.

202. Розенфельд, И.Л. Новые методы исследования коррозии металлов / И.Л. Розенфельд. – М.: Наука, 1973. – С. 202.

203. 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.

204. Розенфельд, И.Л. Синергетический эффект при защите стали от коррозии неорганическими ингибиторами в нейтральных электролитах / И.Л. Розенфельд, Л.В. Фролова, Н.Н. Тавадзе // Защита металлов. – 1980. – Т. 16, Г 2. – С. 133-136.

205. Романов, В.В. Влияние коррозионной среды на циклическую прочность металлов / В.В. Романов. – М.: Наука, 1969. – 220 с.

206. Романов, В.В. Методы исследования коррозии металлов / В.В. Романов. – М.: Металлургия, 1965. – 281 с.

207. Рыбалкин, Д.В. Пескоструйная обработка / Д.В. Рыбалкин, В.Г. Козлов //

Молодежный вектор развития аграрной науки: сб. материалов 67-й студенческой научной конференции. – Воронеж: ВГАУ имени императора Петра I, 2016. – С. 68-72.

208. Рябченков, А.В. Поверхностные виды упрочнения металлов / А.В. Рябченков, Е.Л. Казимировская. – М.: Наука, 1965. – 310 с.

209. Рязанов, В.Е. Анализ нормативов трудоемкости технического обслуживания и ремонта легковых автомобилей / В.Е. Рязанов, С.А. Васильев, И.В. Фадеев, Д.Н. Федоров // Использование инновационных технологий в сервисном обслуживании транспорта: сб. науч. статей республиканской науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2012. – С. 72-73.

210. Рязанов, В.Е. Исследование коррозионного разрушения машин и оборудования свинарников-откормочников и способов их защиты: дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Рязанов Вениамин Егорович. – Минск, 1979. – 192 с.

211. Рязанов, В.Е. К обоснованию годовой программы работ станций технического обслуживания автомобилей / В.Е. Рязанов, И.В. Фадеев, С.А. Васильев, Д.Н. Федоров // Использование инновационных технологий в сервисном обслуживании транспорта: сб. науч. статей республиканской науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2012. – С. 73-75.

212. Рязанов, В.Е. Основы научных исследований и патентоведения: учебное пособие / В.Е. Рязанов, М.А. Ершов. – Чебоксары: ФГБОУ ВПО ЧГСХА, 2011. – 247 с.

213. Рязанов, В.Е. Состояние и перспективы развития автообслуживающих предприятий г. Чебоксары / В.Е. Рязанов, И.В. Фадеев // Дорожно-транспортный комплекс: состояние, проблемы и перспективы развития: сб. материалов 7-й Межвузовской науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2014. – С. 61-64.

214. Рязанов, В.Е. Технологический расчет и экономическая оценка станций технического обслуживания автомобилей: учебное пособие для выполнения курсовых и дипломных проектов. Изд. 2-е, доп. и перераб. / В.Е. Рязанов, И.В. Фадеев, Д.И. Федоров, С.А. Васильев. – Чебоксары: Изд-во Волжского филиала МАДИ, 2013. – 140 с.

215. 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.
216. Садетдинов, Ш.В. Влияние тетраборатмоноэтаноламина на коррозию стали 10 в растворах моющих средств / Ш.В. Садетдинов, А.И. Никитин. // Вестник Чебоксарского филиала МГГУ им. М.А. Шолохова. – 2008. – №5. – С. 273-276.
217. Садетдинов, Ш.В. Ингибиторные свойства аминоборатного соединения, как присадки к закалочной среде / Ш.В. Садетдинов, Д.С. Богатырев // Дорожно-транспортный комплекс: состояние, проблемы и перспективы развития: сб. материалов 4-й Межрегиональной науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2011. – С. 207-211.
218. Садетдинов, Ш.В. Повышение прочности стали 10 в растворах синтетических моющих средств / Ш.В. Садетдинов, А.И. Никитин, В.Я. Купташкин // Дорожно-транспортный комплекс: состояние, проблемы и перспективы развития: сб. материалов 2-й Межрегиональной науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2008. – С. 149-154.
219. Садетдинов, Ш.В. Системы моно-, тетра-, пентабораты лития, натрия, калия – гидразин – вода при 25°C / Ш.В. Садетдинов. // Известия Инженерно-технологической академии Чувашской Республики, 1999. – № 2(7). – С. 174-179.
220. Садетдинов, Ш.В. Системы тетраборат лития (натрия, калия) – трилон Б – вода при 25°C / Ш.В. Садетдинов, А.К. Молодкин [и др.] // Журнал неорганической химии. – 1985. – № 4. – С. 1092-1094.
221. Садетдинов, Ш.В. Теоретические основы разработки антикоррозионных присадок к синтетическим смазочно-охлаждающим жидкостям / Ш.В. Садетдинов, Д.В. Басов // Дорожно-транспортный комплекс: состояние, проблемы и перспективы развития: сб. материалов 4-й Межрегиональной науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2011. – С. 561-566.

222. Садетдинов, Ш.В. Трехкомпонентные боратсодержащие системы: дисс. ...доктора хим. наук: 02.00.01 / Садетдинов Шейиздан Вазыхович. – Казань, 1999. – 336 с.
223. Садетдинов, Ш.В. Трехкомпонентные водные системы борной кислоты и боратов с некоторыми кислотами и их солями: монография / Ш.В. Садетдинов, И.В. Фадеев. – Чебоксары: ВФ МАДИ, 2015. – 142 с.
224. Сарбаев, В.И. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: механизация и экологическая безопасность производственных процессов / В.И. Сарбаев, С.С. Селиванов, В.Н. Коноплев, Ю.Н. Деман. – Ростов н/Д: Феникс, 2004. – 448 с.
225. Саутин, С.И. Планирование эксперимента в химии и химической технологии / С.И. Саутин. – Л.: Знание, 1975. – 98 с.
226. 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.
227. Северный, А.Э. Противокоррозионная защита автомобилей / А.Э. Северный, Е.А. Пучин, Н.А. Ефимов, В.Т. Гладков. – М.: ГОСНИТИ, 1981. – 208 с.
228. Северный, А.Э. Сохраняемость и защита от коррозии сельскохозяйственной техники: монография / А.Э. Северный. – М.: ГОСНИТИ, 1993. – 233 с.
229. Серпокрылов, Н.С. Водоохранные технологии как источник воздействия на окружающую среду / Н.С. Серпокрылов, В.А. Онкаев, В.Д. Бараев, О.Ш. Кедеева, Т.К. Шушунова // Природно-ресурсный потенциал Прикаспия и сопредельных территорий: проблемы рационального использования: сб. материалов. – 2018. – С. 117-122.
230. Серпокрылов, Н.С. Оптимизация выбора технических и технологических решений (на базе систем водоотведения): Учебное пособие / Н.С. Серпокрылов, А.С. Смоляниченко, Е.Н. Серпокрылов. – Ростов-на-Дону, 2018. – 93 с.

231. Серпокрылов, Н.С. Воздействие минеральных масел и нефтепродуктов на экологическое равновесие окружающей среды / В.Г. Эрендженев, Н.С. Серпокрылов, В.А. Онкаев, Т.К. Эрмеков, А.В. Онкаев // Природно-ресурсный потенциал Прикаспия и сопредельных территорий: проблемы рационального использования: сб. материалов. – 2018. – С. 153-156.
232. Серпокрылов, Н.С. К вопросу о предотвращении коррозии канализационных трубопроводов / Н.С. Серпокрылов, К.О. Хуторненко // Строительство и архитектура-2017. Инженерно-строительный факультет: сб. материалы науч.-практич. конференции. – 2017. – С. 244-248.
233. Серпокрылов, Н.С. Оптимизация опытно-промышленной очистки химически загрязненных сточных вод заводов машиностроительного профиля / Е.В. Яковлева, Н.С. Серпокрылов, Е.В. Самсонова, Г.С. Хачатурян, П.О. Банников, П.А. Ермаченко // Вода: химия и экология. – 2015. – № 4. – С. 21-29.
234. Сильянов, В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (профиль подготовки «Автомобили и автомобильное хозяйство»). 4-е изд., перераб. / В. В. Сильянов, Э.Р. Домке. – М.: Академия, 2016. – 349 с.
235. Синельников, А.Ф. Основы технологии производства и ремонт автомобилей: учебное пособие. 2-е изд. / А.Ф Синельников. – М.: Академия, 2013. – 383 с.
236. Смит, А. Прикладная ИК-спектроскопия / А. Смит. – М.: Мир, 1982. – 328 с.
237. Солнцев, А.А. Аналитико-имитационное моделирование и ситуационное управление в дилерских сетях предприятий автомобильной промышленности: дисс. ...доктора техн. наук: 05.13.06 / Солнцев Алексей Александрович. – М., 2013. – 332 с.
238. Соловьев, О.В. Рациональный вариант ремонта кузовов легковых

- автомобилей: дисс. ...канд. техн. наук: 05.22.10 / Соловьев Олег Владимирович. – М., 1978. – 232 с.
239. Сопло моечных установок: пат. на полезную модель № 6542 Рос. Федерация: МПК В60S 3/04 / Латышенко М.Б., Малюгин С.Г., Десятов Ю.В., заявитель и патентообладатель Рязанская ГСХА им. проф. П.А. Костычева. – опубл. 16.05.98.
240. Средний ресурс деталей двигателя и целесообразность их ремонта [электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.vaz-gaz-remont.ru/remont-avtomobilej-na-primere-rassmatrivaemyh-modelej/srednij-resurs-detalej-i-agregatov-dvigatelya-i-celesoobraznost/>.
241. Статистические методы обработки эмпирических данных / ВНИИНМАШ. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 232 с.
242. Структура парка легковых автомобилей в России в 2015 году [электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.autostat.ru/infographics/20567/>.
243. 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.
244. Тельнов, Н. Ф. Аппарат для магнитной обработки воды со шламоборником (конструкция, монтаж, эксплуатация): руководство к эксплуатации / Н.Ф. Тельнов, В.П. Мороз – М.: Изд-во МИИСП. – 1970. – 14 с.
245. Тельнов, Н.Ф. Как предупредить накипеобразование и коррозию в системе охлаждения тракторного дизеля / Н.Ф. Тельнов, В.П. Мороз // Техника в сельском хозяйстве. – 1971. – №9. – С. 23-27.
246. Тельнов, Н.Ф. Классификация способов очистки и мойки машин / Н.Ф. Тельнов. // Научные труды «Доклады МИИСП». – 1966. – Том 3, вып. 4. – С. 52-58.
247. Тельнов, Н.Ф. Магнитная обработка воды в аппарате со шламоборником / Н.Ф. Тельнов, В.П. Мороз. // Техника в сельском хозяйстве.– 1979.– №3.–

С. 61-63.

248. 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.

249. Тельнов, Н.Ф. О механизме накипеобразования. / Н.Ф. Тельнов, В.П. Мороз, Н.А. Очковский // Научные труды «Доклады МИИСП». – 1971. – С. 72-77.

250. Тельнов, Н.Ф. О направлениях исследования по очистке деталей машин от различных загрязнений: сборник / Н.Ф. Тельнов // Сборник докладов ГОСНИТИ. – 1970. – С. 112-117.

251. Тельнов, Н.Ф. Предупреждение отложений накипи и снижение коррозии в системе охлаждения дизелей / Н.Ф. Тельнов, Е.Ф. Тебенихин, В.П. Мороз, Н.А. Очковский // Тракторы и сельхозмашины. – 1969. – №7. – С. 37-42.

252. Тельнов, Н.Ф. Технология очистки и мойки сельскохозяйственных машин: основы теории и практики: монография / Н.Ф. Тельнов. – М.: Колос, 1973. – 296 с.

253. Терентьев, В.Ф. Усталость металлических конструкций / В.Ф. Терентьев. – М.: Наука, 2003. – 254 с.

254. 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.

255. Тимашев, С.Ф. О механизме действия ингибиторов коррозии / С.Ф. Тимашев // Защита металлов. – 1980. – Т. 16, Г 2. – С. 176-180.

256. Тимофеев, А.М. О механизме атмосферной коррозии деталей автомобилей / А.М. Тимофеев, В.Е. Рязанов // Техника, дороги и технологии: перспективы развития: сб. трудов 6-й студенч. науч.-техн. конф. им. Н.В. Попова. – Чебоксары, 2014. – С. 114-118.

257. Ткачев, К.В. Санитарно-гигиенические аспекты производства и применения борных соединений / К.В. Ткачев, Ю.С. Плышевский // Тезисы

- докладов 5-й Всесоюзного совещания «Химия кислородных соединений бора». – Рига, 1981. – С. 141-142.
258. Ткачев, К.В. Технология неорганических соединений бора / К.В. Ткачев, Ю.С. Плышевский. – Л.: Химия, 1983. – 208 с.
259. Тодт, Ф. Коррозия и защита от коррозии / Ф. Тодт. – Л.: Химия, 1986. – 709 с.
260. Томашов, Н.Д. Теория коррозии металлов / Н.Д. Томашов. – М.: Металлургиздат, 1952. – 198 с.
261. Томашов, Н.Д. Теория коррозии металлов / Н.Д. Томашов. – М.: Металлургия, 1987. – 260 с.
262. Трактовенко, И.А. Состав углеродистых отложений на деталях двигателя ЯАЗ-204 / И.А. Трактовенко // Химия и технология топлив и масел. – 1959. – №11. – С. 88-92.
263. Транспорт в Чувашии: статистический сборник.– Чебоксары: Чувашстат, 2013. – 82 с.
264. Транспорт Чувашии 2007: статистический сборник. – Чебоксары: Чувашстат, 2008. – 92 с.
265. Трибус, В.Я. Влияние коррозии на изнашивание деталей машин / В.Я. Трибус, А.Э. Северный и др. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1985. – №12. – С. 42-45.
266. Улиг, Г. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику: пер. с англ. под ред. А.М. Сухотина. – Л.: Химия, 1989. – 456 с.
267. Унифицированные методы анализа вод. Под ред. Ю.Ю. Лурье. – М.: Химия, 1971. – 232 с.
268. Устройство для двусторонней очистки плоских деталей: а. с. 937058 СССР: МКИ / Никулин Н.И., Колодин В.И., Хмаров В.И., опубл. 23.06.82, бюл. №23.
269. Устройство для мойки деталей: а. с. 630012 СССР: МКИ / Марголин Ш.Н., Фрадко Ф.М., опубл. 30.10.78, бюл. №40.
270. Устройство для очистки наружных поверхностей цилиндрических изделий: а. с. 1611466 СССР: МКИ А1 / Салыгин Н.В., Васильков В.И., Попов И.П.,

опубл. 07.12.90, бюл. №45.

271. Устройство для очистки поверхностей: а. с. 1612712 СССР: МКИ Л1 / Белоглазов Г.Б., Цокур В.Г., Загородцев М.И. и др., опубл. 15.07.91, бюл. №26.

272. Устройство для очистки транспортных средств: пат. на полезную модель №8664 Рос. Федерация: МПК В60S / Латышенок М.Б., Ретюнских В.Н., заявитель и патентообладатель Рязанская ГСХА им. проф. П.А. Костычева.– опубл. 16.12.98.

273. Устройство для очистки транспортных средств: пат. на полезную модель №15469 Рос. Федерация: МПК 7 В60S1/00/ Латышенок М.Б., Попов А.С., Широкова Э.А., заявитель и патентообладатель Рязанская ГСХА им. проф. П.А. Костычева. – опубл. 1998.

274. Фадеев, И.В. Аммиак – ингибитор коррозии черных металлов / И.В. Фадеев // Известия Международной академии аграрного образования – 2016. – №26. – Т. 1. – С. 21-24.

275. 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.

276. Фадеев, И.В. Защита автомобилей от коррозии: практикум / И.В. Фадеев, В.Е. Рязанов. – Чебоксары: Волжский филиал МАДИ, 2014. – 140 с.

277. Фадеев, И.В. Исследование влияния компонентов агрессивной среды дорожного полотна на коррозию днища кузова легкового автомобиля: дисс. ...канд. техн. наук: 05.22.10 / Фадеев Иван Васильевич. – М., 2010. – 222 с.

278. Фадеев, И.В. Исследование растворимости и ингибиторного действия систем моно-, тетра-, пентаборат натрия – этилендиамин – вода при 25°C / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов, В.К. Половняк // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 5. – С. 13-17.

279. Фадеев, И.В. К вопросу коррозии кузовов автомобилей / И.В. Фадеев // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: материалы 67-ой науч.-методич. и науч.-исслед. конф. МАДИ. – М., 2009. – С. 167-169.

280. Фадеев, И.В. К вопросу противокоррозионной защиты днища кузовов легковых автомобилей / И.В. Фадеев // Научно-технический прогресс и социально-экономические, правовые аспекты потребительской кооперации в современных условиях: тез. докладов региональной науч.-практ. конф. – Чебоксары, 1997. – С. 33-36.
281. Фадеев, И.В. К проектированию станций технического обслуживания автомобилей / И.В. Фадеев, В.Е. Рязанов // Транспортные системы Сибири: проблемы безопасности: сб. науч. трудов Всероссийской науч.-практ. конф. с международным участием. – Красноярск, 2013. – 296 с.
282. Фадеев, И.В. Коррозия и защита металлов: учеб. пособие / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов, С.В. Житарь. – Чебоксары: Волжский филиал МАДИ, 2014. – 110 с.
283. Фадеев, И.В. Модернизация технологии покраски на автотранспортных предприятиях и в сервисных центрах / И.В. Фадеев, В.А. Алексеев // Повышение эффективности механизации сельскохозяйственного производства: материалы Всероссийской науч.-практ. конф., посвященной 50-летию инженерного факультета. Сб. науч. трудов. – Чебоксары, 2011. – С. 226-230.
284. Фадеев, И.В. Мойка деталей при ремонте автомобилей с применением нового соединения тетраформамид пентабората аммония / И.В. Фадеев, К.А. Краснова, Ш.В. Садетдинов // Техника, дороги и технологии: перспективы развития: сб. трудов 7-й студенч. науч.-техн. конф. им. Н.В. Попова. – Чебоксары, 2015. – С. 95-99.
285. Фадеев, И.В. Некоторые особенности расчета количества обслуживаемых автомобилей проектируемой СТОА / И.В. Фадеев, С.А. Васильев, В.Е. Рязанов // Дорожно-транспортный комплекс: состояние, проблемы и перспективы развития: сб. материалов 5-й науч.-практич. конф. – Чебоксары, 2012. – С. 18-20.
286. 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.
287. Фадеев, И.В. Новые моющие средства для узлов и агрегатов

- автотранспортных средств / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Автотранспортное предприятие. – 2014. – № 6. – С. 54-56.
288. Фадеев, И.В. Повышение коррозионной стойкости стали 10 / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Вестник МАДИ. – 2015. – Вып. 2(41). – С. 107-114.
289. 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.
290. 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.
291. Фадеев, И.В. Противокоррозионная композиция на основе полиэфируретановых смол / И.В. Фадеев, А.В. Средин // Вестник Волжского филиала МАДИ (ГТУ). – Чебоксары, 2005. – С. 44-45.
292. Фадеев, И.В. Противокоррозионные покрытия для обработки кузова автомобиля / И. В. Фадеев, О.В. Якимова, И.Н. Смолина // Техника, дороги и технологии: перспективы развития: сб. трудов 7-й студенч. науч.-техн. конф. им. Н.В. Попова. – Чебоксары, 2015. – С. 42-44.
293. Фадеев, И.В. Противокоррозионные полимерные композиции на основе олигоэфируретандиметакрилата Д-10ТМ / И.В. Фадеев // Автотранспортное предприятие. – 2010. – № 10. – С. 48-51.
294. Фадеев, И.В. Разработка рекомендаций по рациональной периодичности противокоррозионной обработки днищ кузовов легковых автомобилей / И.В. Фадеев // Дорожно-транспортный комплекс: состояние, проблемы и перспективы развития: сб. докладов и сообщений Межрегиональной науч.-практич. конф. – Чебоксары, 2011. – С. 65-68.
295. 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.

296. Фадеев, И.В. Синтез экологически безопасного соединения на основе МБК и гуанидина / И.В. Фадеев, А.Г. Шемалаков // Техника, дороги и технологии: перспективы развития: сб. трудов 7-й студенч. науч.-техн. конф. им. Н.В. Попова. – Чебоксары, 2015. – С. 67-71.
297. Фадеев, И.В. Состав для защиты кузовов легковых автомобилей от коррозии / И.В. Фадеев, В.Е. Рязанов // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: материалы 67-й науч.-методич. и науч.-исслед. конф. МАДИ. Сб. науч. трудов. – М., 2009. – С. 164-166.
298. 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.
299. Фадеев, И.В. Установление периодичности противокоррозионной обработки кузовов легковых автомобилей / И.В. Фадеев // Вестник МАДИ. – 2010. – Вып. 2(21). – С. 15-17.
300. Фадеев, И.В. Щелевая коррозия в кузовах автомобилей / И.В. Фадеев, В.Е. Рязанов // Дорожно-транспортный комплекс: состояние, проблемы и перспективы развития: сб. материалов 5-й науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2012. – С. 3-6.
301. Фадеев, И.В. Экологически безвредные добавки к синтетическим моющим средствам для мойки деталей / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: материалы 73-й науч.-методич. и науч.-исслед. конф. МАДИ. Сб. науч. трудов. – М., 2015. – С. 219-224.
302. Фадеев, И.В. Экологически безвредный материал для защиты сельскохозяйственной техники от коррозии / И.В. Фадеев, Н.Н. Белова, Ш.В. Садетдинов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2015. – №21. – С. 56-59.
303. Фадеев, И.В. Электрохимическое поведение стали 08кп с различными защитными покрытиями / И.В. Фадеев, В.Е. Рязанов // Повышение

- эффективности механизации сельскохозяйственного производства: материалы Всероссийской науч.-практ. конф., посвященной 50-летию инженерного факультета. Сб. науч. трудов. – Чебоксары, 2011. – С. 230-233.
304. Фадеев, И.В. Совершенствование технологического процесса мойки деталей при ремонте узлов и агрегатов транспортных средств: монография / И.В. Фадеев – Чебоксары: Изд-во Волжского филиала МАДИ, 2018. – 284 с.
305. 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.
306. Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (с изменениями и дополнениями, частично внесенными в текст, согласно Федеральному закону от 21.07.2014 г. № 219-ФЗ). – 84 с.
307. Фокин, М.Н. Методы коррозионных испытаний металлов / М.Н. Фокин, К.А. Жигалова. – М.: Металлургия, 1986. – 207 с.
308. Фрейман, Л.И. Потенциостатические методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защите / Л.И. Фрейман, А.А. Макаров, Н.Е. Брыксин. – Л.: Химия, 1972. – 240 с.
309. Хилько, И.И. Рекомендации по антикоррозионному покрытию и герметизации силового и осветительного оборудования / И.И. Хилько, В.И. Русан, Н.С. Шумский и др. – Минск: ВНИИТИМЖ, 1984. – 46 с.
310. Чеботаревский, В.В. Технология лакокрасочных покрытий в машиностроении / В.В. Чеботаревский, Э.К. Кондрашов. – М.: Машиностроение, 1978. – 295 с.
311. Черноиванов, В. И. Очистка и мойка машин и оборудования [Текст] / В.И. Черноиванов, В.Н. Лосев, А.Л. Быстрицкая. – М.: ГОСНИТИ, 1998. – 99 с.
312. Черноиванов, В.И. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве: учебное пособие. Под ред. В.И. Черноиванова / В.И. Черноиванов, В.В. Бледных, А.Э. Северный и др. – М.-Челябинск: ГОСНИТИ, ЧГАУ, 2003. – 992 с.
313. Чертков, Я.Б. Современные и перспективные углеводородные реактивные

- и дизельные топлива / Я.Б. Чертков. – М.: Химия, 1968. – 356 с.
314. Шварц, Е.М. Взаимодействие борной кислоты со спиртом и оксикислотами / Е.М. Шварц. – Рига: Зинатне, 1990. – 414 с.
315. 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.
316. 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.
317. Шенфельд. Неионогенные моющие средства: пер. с нем. / Шенфельд. – М.: Химия, 1965. – 448 с.
318. Шухман, Ю.И. Легковой автомобиль: эксплуатация, ремонт, покраска, гараж / Ю.И. Шухман. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 316 с.
319. Эванс, Ю.Р. Коррозия. Пассивность и защита металлов: пер. с англ. под ред. Г.В. Акимова / Ю.Р. Эванс. – М.: Химия, 1941. – 886 с.
320. 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.
321. Юдин, В.М. Очистка техники при техническом сервисе: учебно-методическое пособие / В.М. Юдин, В.И. Башкирцев. – М.: изд-во Российской инженерной академии менеджмента и агробизнеса, 2013. – 40 с.
322. Юдин, В.М. Очистка машин и оборудования при техническом сервисе: учебное пособие / В.М. Юдин. – М.: Российский государственный аграрный заочный университет (Балашиха), 2015. – 44 с.
323. Юдин, В.М. Повышение производительности электроосаждения гальванических покрытий при восстановлении деталей / В.М. Юдин, В.В. Серебровский, Л.Н. Серебровская, Р.И. Сафронов, Ю.П. Гнездилова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 8.

– С. 225-226.

324. Юдин, В.М. Установка для очистки моющих растворов / В.М. Юдин, М.Н. Вихарев // Труды ГОСНИТИ, 2015. – Т. 118. – М.: Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ. – С. 47-48.

325. Юхневич, Р. Техника борьбы с коррозией: перевод с польского под ред. А.М. Сухотина / Р. Юхневич, Е. Валашовский, А. Видуховский, Г. Станкевич. – Л.: Химия, 1978. – 394 с.

326. 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.

327. Anderko, A. An Electrochemical Approach to Predicting and Monitoring Localized Corrosion in Chemical Process Streams / A. Anderko, N. Sridhar, C.S. Brossia, D.S. Dunn, L.T. Yang, B.J. Saldanha, S.L. Grise, M.H. Dorsey // CORROSION. – 2003. – paper no. 03375. – pp. 104-110, (Houston, TX: NACE International, 2003).

328. Ashassi-Sorkhabi, H. Corrosion inhibition of mild steel by some schiff base compounds in hydrochloric acid // H. Ashassi-Sorkhabi, B. Shaabani, D. Seifzadeh // Applied Surface Science. – 2005. – no. 239. – pp. 154-164.

329. Balakrishnan, T. Growth, structural, optical, thermal and mechanical properties of ammonium pentaborate single crystal / T. Balakrishnan, G. Bhagavannarayana, K. Ramamurthi // Spectrochimica Acta. – 2008. – V. 71. – pp. 578-583.

330. Becker, P. Crystal growth and optical properties of the polar hydrated pentaborates $\text{RbB}_5\text{O}_6(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ and $\text{NH}_4\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ and structure redetermination of the ammonium compound / P. Becker, P. Held, L. Bohaty // Cryst. Res. Technol. – 2000. – V. 35. – pp. 1251-1262.

331. 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.

332. Filtration assembly [Text]: пат. 5182008 Соединенные Штаты Америки, МКИ 5B01D21/30. / Shelstad Richard J. – № 690599; заявл. 24.04.1991; опубл.

26.01.1993.

333. Hakansson, Lars. A device for cleaning objects, preferably of metal [Text] / Lars Hakansson. – № SE91/00183; заявл. 12.03.1991; опубл. 01.10.1992.

334. Jiang, X. Effect of flow velocity and entrained sand on inhibition performances of two inhibitors for CO₂ corrosion of N80 steel in 3% NaCl solution / X. Jiang, Y.G. Zheng, W. Ke // Corrosion Science. – 2005. – no. 47. – pp. 2636-2658.

335. Method and apparatus for pressure washing [Text]: пат. 5976268 Соединенные Штаты Америки: МКИ В 08 В 3/02/ Scott A. Eliason [et al.]; EZ Environmental Solutions Corp. – № 09/144723; заявл. 01.09.1998; опубл. 02.11.1999.

336. 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 Int. Res., 1985, no. 8, pp. 430-431.

337. Smith, Richard. Protetion – 85 examines anticorrosion practico / Richard Smith. // Metal Constr – 1996. – no. 1. – pp. 16-19.

338. Warne, T.M., Haider C.A. Labrication Engineering / T.M. Warne, C.A. Haider // Labrication Engineering. – 1986. – V.42, no. 2. – pp. 97-103.

Yang, L., Pabalan R.T., Browning L., Cragnoilino G.A. Measurement of Corrosion in Saturated Solutions under Salt Deposits Using Coupled Multielectrode Array Sensors / L. Yang, R.T. Pabalan, L. Browning, G.A. Cragnoilino // CORROSION. – 2003. – paper no. 03426. – pp. 126-130, (Houston, TX: NACE International, 2003).

339. Yang, L. Evaluation of Corrosion Inhibitors in Cooling Water Systems Using a Coupled Multielectrode Array Sensor / L. Yang, R.T. Pabalan, D.S. Dunn // CORROSION. – 2002. – paper no. 03426. – pp. 126-130, (Houston, TX: NACE International, 2002).

340. 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).

341. Nikolay S. Serpokrylov, Sergey Yu. Andreyev, Vitaly V. Demidochki. Biological

treatment of wastewater in aeration tanks: Theoretical bases for process calculations
Optimizing biological treatment to accommodate varied pollutant loadings and effluent flow rates, Article in Environmental Quality Management, 26(4):57-64, 2017, with 6 Reads. DOI: 10.1002/tqem.21504.

342. N.S. Serpokrylov, S.V. Starovoytov and A. Khalil. The Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (anfis) Application for the Ammonium Removal from Aqueous Solution Predicting by Biochar, Materials Science Forum, 2018, Vol. 931, pp. 985-990.

ПРИЛОЖЕНИЯ

**ПРИЛОЖЕНИЕ А
(СПРАВОЧНОЕ)**

**ДОКУМЕНТЫ, ПОДТВЕРЖДАЮЩИЕ ТЕХНИЧЕСКУЮ НОВИЗНУ
МОЮЩИХ СРЕДСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ МОЙКИ И ОЧИСТКИ
УЗЛОВ, АГРЕГАТОВ И ДЕТАЛЕЙ**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU**⁽¹¹⁾ **2 620 593**⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК

C11D 1/72 (2006.01)*C11D 3/06* (2006.01)*C11D 3/10* (2006.01)*C11D 3/08* (2006.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21)(22) Заявка: 2016116194, 25.04.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.04.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.04.2016

(45) Опубликовано: 29.05.2017 Бюл. № 16

Адрес для переписки:

429500, Чувашская Рес., Чебоксарский р-н, пос.
Кугеси, ул. Луговая, 5, Фадеев И.В.

(72) Автор(ы):

Фадеев Иван Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Фадеев Иван Васильевич (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2179998 C2, 27.02.2002. SU
721474, 15.03.1980. RU 2062297 C1,
20.06.1996. CN 102251248 A, 23.11.2011. SU
397537 A, 01.02.1971. US 0005380468 A1,
10.01.1995.**(54) МОЮЩЕЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ ДЕТАЛЕЙ, УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ТРАНСПОРТНЫХ
СРЕДСТВ****(57) Формула изобретения**

Моющее средство для очистки и обезжиривания металлической поверхности, содержащее синтанол ДС-10; соду кальцинированную; триполифосфат натрия; метасиликат натрия, отличающееся тем, что для повышения моющей способности, смачиваемости и противокоррозионных свойств оно дополнительно содержит моноборат калия при следующем соотношении компонентов, мас. %:

синтанол ДС-10	3,5-8,0
сода кальцинированная	47,5-50,0
триполифосфат натрия	28,0-30,0
метасиликат натрия	6,8-10,0
моноборат калия	0,5-1,0
вода	остальное

**RU
2 6 2 0 5 9 3
C 1**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU**⁽¹¹⁾ **2 572 125**⁽¹³⁾ **C2**

(51) МПК

C09D 5/08 (2006.01)

C01B 35/12 (2006.01)

C01B 35/18 (2006.01)

C01G 37/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(12) **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21)(22) Заявка: 2014113529/05, 07.04.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
07.04.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 07.04.2014

(43) Дата публикации заявки: 20.10.2015 Бюл. № 29

(45) Опубликовано: 27.12.2015 Бюл. № 36

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: САДЕТДИНОВ Ш.В. и
др. Взаимодействие борной кислоты с метил-
этил-фенилгидразинами. Журнал
неорганической химии, т.43, N5, 1998, с.866-869.
ДРИНБЕРГ А.С. и др. Антикоррозионные
грунтовки, Москва, 2008, 168 с. RU 2177017 С1,
20.12.2001.

Адрес для переписки:

429500, Чувашская Республика, Чебоксарский
р-н, пос. Кугеси, ул. Луговая, 5, Фадееву И.В.

(72) Автор(ы):

Фадеев Иван Васильевич (RU),
Садетдинов Шейиздан Вазыхович (RU),
Новоселов Александр Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Фадеев Иван Васильевич (RU)

R U
2 5 7 2 1 2 5
C 2(54) **ИНГИБИТОР КОРРОЗИИ ДЛЯ ГРУНТОВОК ПО МЕТАЛЛУ**

(57) Формула изобретения

Борат хрома состава $2\text{KB}_5\text{O}_8 \cdot \text{K}_2\text{CrO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, применяемый в качестве ингибитора коррозии к грунтовкам по металлу, характеризующийся тем, что он имеет следующее соотношение компонентов, мас. %:

пентаборат калия	64,40
хромат калия	27,39
вода	остальное до 100

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 629 023** (13) **C1**

(51) МПК
C11D 3/06 (2006.01)
C11D 3/30 (2006.01)
C11D 3/37 (2006.01)
C11D 1/04 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21)(22) Заявка: 2016143245, 02.11.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 02.11.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 02.11.2016

(45) Опубликовано: 24.08.2017 Бюл. № 24

Адрес для переписки:

428015, г. Чебоксары, Московский пр., 15, ЧГУ,
 ОИС, пат. пов. РФ Шалуновой Нине Борисовне,
 N 388

(72) Автор(ы):

Илларионов Илья Егорович (RU),
 Фадеев Иван Васильевич (RU),
 Ременцов Андрей Николаевич (RU),
 Садетдинов Шейиздан Вазыхович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Чувашский государственный
 университет имени И.Н. Ульянова" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: SU 1004463, 15.03.1983. RU
 2186098 C2, 27.07.2002. RU 2478119 C1,
 27.03.2013. US 6342474 B1, 29.01.2002. JP 09-
 316500, 09.12.1997.

(54) Моющая композиция для очистки металлических поверхностей

(57) Формула изобретения

Моющая композиция для очистки металлических поверхностей, содержащая тринатрийфосфат, динатрийэтилендиаминтетраацетат, моноалкил- или диалкилполигликолевый эфир и воду, отличающаяся тем, что раствор дополнительно содержит дилитийпентаборатный комплекс трилона Б общей формулы $2LiB_5O_8 \cdot C_{10}H_{14}O_8N_2Na_2 \cdot 2H_2O$, при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Тринатрийфосфат	1.5-2.5
Динатрийэтилендиаминтетраацетат	1.0-1.5
Моноалкил- или Диалкилполигликолевый эфир	0.2-0.4
Дилитийпентаборатный комплекс трилона Б	0.5-1.0
Вода	остальное

RU
 2 6 2 9 0 2 3
 C 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 614 504** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК
C23C 22/62 (2006.01)
C23C 22/68 (2006.01)
C23F 11/18 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

<p>(21)(22) Заявка: 2015157505, 31.12.2015</p> <p>(24) Дата начала отсчета срока действия патента: 31.12.2015</p> <p>Приоритет(ы): (22) Дата подачи заявки: 31.12.2015</p> <p>(45) Опубликовано: 28.03.2017 Бюл. № 10</p> <p>Адрес для переписки: 428015, г. Чебоксары, Московский пр., 15. ЧГУ, ОИС, Шалуновой Нине Борисовне</p>	<p>(72) Автор(ы): Илларионов Илья Егорович (RU), Фадеев Иван Васильевич (RU), Садетдинов Шейиздан Вазыхович (RU)</p> <p>(73) Патентообладатель(и): Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова" (RU)</p> <p>(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2510733 C2, 10.04.2014. US 7964044 B1, 21.06.2011. WO 2009050090 A2, 23.04.2009. RU 2287613 C2, 20.11.2006. RU 2235804 C1, 10.09.2004.</p>
--	---

RU
 2 6 1 4 5 0 4
 C 1

(54) **РАСТВОР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАГНЕТИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА СТАЛИ**(57) **Формула изобретения**

Раствор для получения магнетитного покрытия на стали, содержащий нитрат натрия, сульфат магния, аммонийную соль, амид и воду, отличающийся тем, что в качестве аммонийной соли он содержит тетрагидрат моноэтаноламинтетраборатаммония состава $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, а в качестве амида - дигидрат тетракарбамиддицинкгексабората состава $\text{Zn}_2\text{B}_6\text{O}_4 \cdot 4\text{N}_2\text{H}_4\text{CO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в пересчете на безводную соль при следующем соотношении компонентов (вес.%):

нитрат натрия	2,5-4,5
сульфат магния	1,5-2,5
тетрагидрат моноэтаноламинтетраборатаммония	1,5-2,5
дигидрат тетракарбамиддицинкгексабората	0,3-0,5
вода	остальное

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(СПРАВОЧНОЕ)

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕННЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Таблица В.1 – Зависимость угла смачивания от концентраций СМС и МБК в моющем растворе при температуре 85-90°C

Концентрация МБК, г/л	Концентрация СМС, %																	
	Лабомида-203						МС-8						МЛ-51					
	1,0		2,0		3,0		1,0		2,0		3,0		1,0		2,0		3,0	
	смачиваемость, с	угол смачивания, град.	смачиваемость, с	угол смачивания, град.	смачиваемость, с	угол смачивания, град.	смачиваемость, с	угол смачивания, град.	смачиваемость, с	угол смачивания, град.	смачиваемость, с	угол смачивания, град.	смачиваемость, с	угол смачивания, град.	смачиваемость, с	угол смачивания, град.	смачиваемость, с	угол смачивания, град.
1,0	14	64	17	55	28	46	17	55	23	46	30	37	10	70	13	61	28	48
2,1	15	60	19	52	29	44	18	52	25	42	32	33	10	66	16	57	28	46
3,0	15	59	21	49	30	38	19	50	26	39	34	27	11	64	19	54	29	46
4,0	16	55	22	47	31	34	21	44	28	34	36	24	13	63	21	52	29	45
5,0	16	564	24	44	32	33	21	40	30	30	38	21	14	57	21	47	30	37
6,0	17	51	25	42	32	31	22	38	31	28	38	20	15	57	22	45	30	37

Таблица В.2 – Зависимость степени очистки образцов от концентрации Лабомида-203 в моющем растворе при температуре 85-90°С

Концентрация Лабомида-203 в моющем растворе, x_i , %	№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, y_i , %		Смачиваемость, с	
		образца		загрязнения	образца после эксперимента, M_2	удаленного загрязнения $\Delta M_2 = M_1 - M_2$	каждого образца	средняя по вариантам	каждого образца	средняя по вариантам
		чистого M_0	до эксперимента с загрязнением M_1	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,0 (контроль)	1	42,48175	46,23580	3,7541	42,84705	3,38875	8,48	8,52	3	4
	2	42,45380	45,59980	3,146	42,72375	2,87605	8,58		4	
	3	42,61640	45,77340	3,157	42,86955	2,90385	8,02		5	
	4	43,04745	46,52950	3,4821	43,41845	3,11105	8,62		4	
	5	43,5905	47,00410	3,4136	43,41112	3,59300	8,90		4	
1,0	6	43,06750	47,16855	4,1011	42,35751	4,81105	29,00	28,14	9	10
	7	42,07630	46,23570	4,1594	43,28851	2,94720	29,12		11	
	8	41,94890	46,04015	4,0913	43,09515	2,94500	27,92		10	
	9	41,95475	46,03750	4,0828	43,08912	2,94840	27,96		11	
	10	42,09085	46,18985	4,099	43,18532	3,00455	26,70		9	

Продолжение таблицы В.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2,0	11	42,10100	46,09305	3,9921	44,73775	1,35530	66,05	66,80	24	23
	12	42,90305	46,78320	3,8802	45,47045	1,31275	66,08		22	
	13	42,30005	45,42310	3,1231	44,36251	1,06060	67,04		21	
	14	43,04890	46,35595	3,3071	45,26992	1,08605	67,16		25	
	15	41,99205	45,45080	3,4588	44,33161	1,11920	67,67		23	
3,0	16	42,88995	46,80880	3,9189	43,65010	0,76015	80,60	81,45	28	27
	17	42,37515	45,50420	3,1291	43,02730	0,65215	79,16		28	
	18	42,88315	45,88820	3,0051	43,39965	0,51650	82,81		26	
	19	42,77230	46,88845	4,1162	43,43725	0,66495	83,85		27	
	20	42,97305	46,89080	3,9178	43,72530	0,75225	80,80		26	
4,0	21	42,88125	45,93235	3,0511	43,45981	0,57856	81,04	82,35	27	28
	22	42,34505	45,49910	3,1541	42,88560	0,54055	82,86		28	
	23	42,89105	46,83110	3,9401	43,55195	0,66090	83,23		27	
	24	42,14395	45,27285	3,1289	42,71175	0,56780	81,85		29	
	25	42,87305	46,81410	3,9411	43,55110	0,67805	82,80		29	
5,0	26	43,04745	46,52950	3,4821	43,59400	0,54655	84,30	83,00	28	28
	27	43,06750	47,16855	4,1011	43,70980	0,64230	84,34		28	
	28	42,90305	46,78320	3,8802	43,61530	0,71225	81,64		27	
	29	43,5905	47,00410	3,4136	44,20020	0,60970	82,14		30	
	30	42,07630	46,23570	4,1594	42,80110	0,72480	82,57		27	

Таблица В.3 – Зависимость степени очистки образцов от концентрации МС-8 в моющем растворе при температуре 85-90°С

Концентрация МС-8 в моющем растворе, x_i , %	№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, y_i , %		Смачиваемость, с	
		образца		загрязнения	образца после эксперимента, M_2	удаленного загрязнения $\Delta M_2 = M_1 - M_2$	каждого образца	средняя по вариантам	каждого образца	средняя по вариантам
		чистого M_0	до эксперимента							
			с загрязнением M_1	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$						
0,0 (контроль)	1	42,48175	46,23580	3,75410	42,84705	3,38875	8,48	8,52	5	5
	2	42,45380	45,59980	3,14600	42,72375	2,87605	8,58		4	
	3	42,61640	45,77340	3,15700	42,86955	2,90385	8,02		5	
	4	43,04745	46,52950	3,48210	43,41845	3,11105	8,62		5	
	5	43,5905	47,00410	3,41360	43,4111	3,59300	8,90		6	
1,0	6	42,12350	44,13720	2,01370	43,51550	0,62170	30,87	32,17	12	11
	7	41,36835	44,41585	3,04750	43,37000	1,04585	34,32		11	
	8	42,27905	46,26465	3,98560	45,02180	1,24285	31,18		10	
	9	42,45135	46,46480	4,01345	45,22065	1,24415	31,00		11	
	10	42,32075	46,34510	4,02435	45,11725	1,22785	30,51		11	
2,0	11	41,98960	46,20695	4,21735	43,24975	1,26015	70,12	68,19	24	24
	12	42,22625	46,23640	4,01015	43,5848	1,35855	66,12		25	
	13	42,26775	46,25045	3,98270	43,5636	1,29585	67,46		23	
	14	41,98950	45,76500	3,77550	43,23101	1,24151	67,12		25	
	15	42,35065	45,14440	2,79375	43,18625	0,8356	70,09		23	

Продолжение таблицы В.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3,0	16	41,30570	44,39945	3,09375	41,82610	0,52040	83,18	83,6	27	28
	17	41,97750	45,07865	3,10115	42,50265	0,52515	83,06		29	
	18	42,97870	46,92075	3,94205	43,64450	0,66580	83,11		29	
	19	42,21150	45,23955	3,02805	42,68756	0,476065	84,28		28	
	20	42,99875	46,01765	3,01890	43,46915	0,47040	84,42		27	
4,0	21	42,36300	45,23570	2,87270	42,75881	0,39581	86,22	84,2	27	28
	22	42,34035	45,33385	2,99350	42,72805	0,38770	87,05		27	
	23	42,28010	45,10750	2,82740	42,82335	0,54325	80,79		28	
	24	41,24150	44,39390	3,15240	41,75191	0,51041	83,81		29	
	25	42,26350	45,61840	3,35490	42,82680	0,56330	83,21		29	
5,0	26	41,01215	43,75765	2,74550	41,50470	0,49255	82,06	85,0	28	29
	27	42,36150	45,68495	3,32345	42,74055	0,37905	88,59		28	
	28	42,38435	45,36290	2,97855	42,78600	0,40165	86,51		29	
	29	42,65825	45,65065	2,99240	43,09475	0,43650	85,41		26	
	30	41,24705	43,26255	2,01550	41,60360	0,35655	82,31		29	

Таблица В.4 – Зависимость степени очистки образцов от концентрации МЛ-51 в моющем растворе при температуре 85-90°С

Концентрация МЛ-51 в моющем растворе, x_i , %	№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, y_i , %		Смачиваемость, с	
		образца		загрязнения	образца после эксперимента, M_2	удаленного загрязнения $\Delta M_2 = M_1 - M_2$	каждого образца	средняя по вариантам	каждого образца	средняя по вариантам
		чистого M_0	до эксперимента							
			с загрязнением M_1	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$						
0,0 (контроль)	1	42,48175	46,23580	3,75410	42,84705	3,38875	8,48	8,52	3	4
	2	42,45380	45,59980	3,14600	42,72375	2,87605	8,58		4	
	3	42,61640	45,77340	3,15700	42,86955	2,90385	8,02		4	
	4	43,04745	46,52950	3,48210	43,41845	3,11105	8,62		5	
	5	43,5905	47,00410	3,41360	43,4111	3,59300	8,90		4	
1,0	6	41,40105	44,63010	3,22905	43,62405	2,22300	31,16	30,10	9	10
	7	42,34035	46,04335	3,70300	44,96050	2,62015	29,24		10	
	8	41,23015	45,04720	3,81705	43,90285	2,67270	29,98		10	
	9	41,25905	45,08505	3,82600	43,94145	2,68240	29,89		11	
	10	40,9910	44,82205	3,83105	43,6689	2,67790	30,10		10	
2,0	11	41,20105	44,19105	2,99000	42,18150	0,98045	67,21	67,36	22	22
	12	42,9050	45,78205	2,87705	43,84580	0,94080	67,30		22	
	13	41,87175	44,58175	2,71000	42,72140	0,84965	68,65		21	
	14	41,99200	44,87125	2,87925	42,94445	0,95245	66,92		22	
	15	41,24100	43,30930	2,06830	41,92915	0,68815	66,73		23	

Продолжение таблицы В.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3,0	16	42,20005	45,21285	3,01280	42,82435	0,62430	79,28	80,2	26	26
	17	42,98960	46,08360	3,09400	43,64085	0,65125	78,95		25	
	18	42,22650	46,07050	3,84400	42,9607	0,73420	80,90		26	
	19	42,14625	44,29530	2,14905	42,5985	0,45225	78,96		27	
	20	42,62250	45,53550	2,91300	43,11983	0,49733	82,93		26	
4,0	21	42,26035	45,25440	2,99405	42,8729	0,61255	79,54	81,2	27	27
	22	42,44000	44,58600	2,14600	42,82825	0,38825	81,91		26	
	23	42,30560	45,92000	3,61440	42,88805	0,58245	83,89		27	
	24	41,97600	44,77400	2,79800	42,50515	0,52915	81,09		28	
	25	42,21930	45,16065	2,94135	42,81615	0,59685	79,71		27	
5,0	26	43,10115	46,25020	3,14905	43,72855	0,62740	80,08	82,0	27	27
	27	43,01205	46,72305	3,71100	43,69850	0,68645	81,50		28	
	28	43,00100	46,62100	3,62000	43,66350	0,66250	81,70		27	
	29	41,99203	45,98200	3,98997	42,67705	0,68502	82,83		26	
	30	42,15410	45,98305	3,82895	42,76810	0,61400	83,96		27	

Таблица В.5 – Результаты исследования моющей способности 3%-го раствора каустической соды при температуре 85-90°C

№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, y_i , %		Смачиваемость, с		
	образца		загрязнения		образца	загрязнения	каждого образца	средняя по вариантам	каждого образца	средняя по вариантам
	чистого M_0	до эксперимента		после эксперимента						
		с загрязнением M_1	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$	M_2	$\Delta M_2 = M_1 - M_2$					
1	41,98005	45,38705	3,4070	43,01919	2,36787	69,50	71,40	21	21	
2	42,91175	45,92585	3,0141	43,75148	2,17437	72,14		22		
3	42,83105	43,99085	1,1598	43,09757	0,89328	77,02		20		
4	42,64105	47,31210	4,6711	44,03115	3,28095	70,24		20		
5	43,01205	47,00305	3,9910	44,28438	2,71867	68,12		22		
6	43,75055	47,76455	4,0140	45,06955	2,69500	67,14	72,02	23	21	
7	43,10065	47,07190	3,9713	44,43817	2,63373	66,32		20		
8	41,15735	44,26235	3,1050	41,83672	2,42563	78,12		22		
9	41,27875	44,68375	3,4050	42,21887	2,46488	72,39		20		
10	41,53450	45,50780	3,9733	42,48213	3,02567	76,15		20		

Таблица В.6 – Результаты исследования моющей способности 3%-го раствора Лабомида-203 при температуре 85-90°C

№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, u_i , %		Смачиваемость, с					
	образца		загрязнения		образца		загрязнения		каждого образца	средняя по вариантам	каждого образца	средняя по вариантам	
	чистого M_0	до эксперимента		после эксперимента		каждого образца	средняя по вариантам	каждого образца					средняя по вариантам
		с загрязнением M_1	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$	M_2	$\Delta M_2 = M_2 - M_0$								
1	42,88100	45,93212	3,05112	42,88130	0,56751	81,40	81,55	26	27				
2	42,34500	45,49913	3,15413	42,34511	0,56142	82,21		27					
3	42,89100	46,83108	3,94012	42,89112	0,76831	80,50		27					
4	42,14401	45,27316	3,12891	42,14411	0,58823	81,22		28					
5	42,87305	46,81403	3,94112	42,87311	0,70151	82,20		27					
6	42,88995	46,80880	3,91893	43,65010	0,76015	80,60	81,45	27	27				
7	42,37515	45,50420	3,12912	43,02730	0,65215	79,16		28					
8	42,88315	45,88820	3,00513	43,39965	0,51650	82,81		28					
9	42,77230	46,88845	4,11621	43,43725	0,66495	83,85		26					
10	42,97305	46,89080	3,91782	43,72530	0,75225	80,80		26					

Таблица В.7 – Результаты исследования моющей способности 3%-го раствора МС-8 при температуре 85-90°С

№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, u_i , %		Смачиваемость, с				
	образца		загрязнения		образца		загрязнения		каждого образца	средняя по вариантам	каждого образца	средняя по вариантам
	чистого M_0	до эксперимента		после эксперимента		M_2	$\Delta M_2 = M_2 - M_0$					
		с загрязнением M_1	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$									
1	41,30570	44,39945	3,09375	41,82610	0,52040	83,18	83,6	27	28			
2	41,97750	45,07865	3,10115	42,50265	0,52515	83,06		29				
3	42,97870	46,92075	3,94205	43,64450	0,66580	83,11		29				
4	42,21150	45,23955	3,02805	42,68756	0,47606	84,28		28				
5	42,99875	46,01765	3,01890	43,46915	0,47040	84,42		27				
6	42,49381	46,22701	3,73310	42,49381	0,60177	83,88	83,65	27	28			
7	42,44880	45,58610	3,13710	42,44881	0,52106	83,39		28				
8	42,58641	45,75603	3,17023	42,58640	0,50403	84,10		28				
9	43,15752	46,53610	3,37812	43,15752	0,57631	82,94		29				
10	43,48050	47,01206	3,53161	43,48050	0,56647	83,96		28				

Таблица В.8 – Результаты исследования моющей способности 3%-го раствора МЛ-51 при температуре 85-90°С

№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, y_i , %		Смачиваемость, с	
	образца		загрязнения	образца	загрязнения	каждого образца	средняя по вариан там	каждого образца	средняя по вариан там
	чистого M_0	до эксперимента		после эксперимента					
		с загряз- нением M_1	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$	M_2	$\Delta M_2 = M_2 - M_0$				
1	42,20005	45,21285	3,01280	42,82435	0,62430	79,28	80,2	26	26
2	42,98960	46,08360	3,09400	43,64085	0,65125	78,95		25	
3	42,22650	46,07050	3,84400	42,9607	0,73420	80,90		26	
4	42,14625	44,29530	2,14905	42,5985	0,45225	78,96		27	
5	42,62250	45,53550	2,91300	43,11983	0,49733	82,93		26	
6	42,46311	45,11570	2,65270	42,4630	0,52471	80,22	80,25	27	27
7	42,25041	45,44391	3,19351	42,2504	0,63455	80,13		25	
8	42,37012	45,21750	2,84742	42,3701	0,57546	79,79		26	
9	41,13150	44,50391	3,37240	41,1315	0,64683	80,82		26	
10	42,26350	45,61840	3,35491	42,2635	0,66159	80,28		26	

Таблица В.9 – Зависимость степени очистки образцов в 3%-м растворе Лабомида-203 от продолжительности эксперимента

Продолжительность эксперимента, мин	№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, %	
		образца		загрязнения	образца		каждого образца	средняя по вариантам
		чистого M_0	до эксперимента		после эксперимента			
			с загрязнением M_1	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$	M_2	$\Delta M_2 = M_2 - M_1$		
1	1	40,74835	43,90665	3,15830	42,23591	1,67074	52,9	52,3
	2	41,82395	45,76795	3,94401	43,64608	2,12187	53,8	
	3	42,38670	45,54270	3,15611	43,92052	1,62218	51,4	
	4	42,39400	45,61110	3,21710	43,9929	1,61820	50,3	
	5	42,89250	46,12155	3,22910	44,40692	1,71462	53,1	
2	6	42,61665	46,48770	3,87110	44,00249	2,48521	64,2	63,1
	7	42,60910	45,60015	2,99111	43,69485	1,90529	63,7	
	8	42,63635	45,51545	2,87912	43,70738	1,80807	62,8	
	9	43,03905	45,37010	2,33111	43,86657	1,50352	64,5	
	10	43,15835	45,45240	2,29410	44,06909	1,38331	60,3	
3	11	43,36365	46,07070	2,70711	44,14057	1,93012	71,3	72,0
	12	43,01570	45,36480	2,34910	43,66405	1,70074	72,4	
	13	43,4095	46,06620	2,65670	44,14009	1,92610	72,5	
	14	42,90705	46,08010	3,17311	43,83358	2,24651	70,8	
	15	42,29110	44,68510	2,39402	42,93748	1,74762	73,0	
4	16	42,66505	44,81405	2,14911	43,17651	1,63753	76,2	78,2
	17	42,05515	44,42200	2,36690	42,54035	1,88164	79,5	
	18	42,81910	45,46960	2,65052	43,42872	2,04088	77,0	
	19	42,61395	45,53095	2,91701	43,24402	2,28692	78,4	
	20	43,39400	46,26605	2,87210	43,97128	2,29476	79,9	
5	21	43,75865	45,63715	1,87852	44,11181	1,52534	81,2	81,5
	22	43,50360	45,50730	2,00371	43,85825	1,64904	82,3	
	23	42,53432	44,83331	2,29920	42,95733	1,87597	81,6	
	24	41,78915	43,89190	2,10281	42,16554	1,72635	82,1	
	25	42,90025	45,00330	2,10311	43,31455	1,68874	80,3	

Таблица В.10 – Зависимость степени очистки образцов от температуры 3%-го раствора Лабомида-203

Температура моющего раствора, °С	№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, %	
		образца		загрязнения	образца после эксперимента, M ₂	удаленного загрязнения $\Delta M_2 = M_1 - M_2$	каждого образца	средняя по вариантам
		чистого M ₀	до эксперимента					
			с загрязнением M ₁	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$				
20	1	42,98750	46,12955	3,14205	45,65824	0,47130	15,0	15,8
	2	42,34055	45,73225	3,39170	45,20314	0,52910	15,6	
	3	42,63050	46,78090	4,15930	46,11684	0,66406	16,0	
	4	43,04075	47,10045	4,05970	46,44278	0,65767	16,2	
	5	43,98205	48,15255	4,77050	47,47693	0,67562	16,2	
40	6	42,37350	46,26455	3,89105	45,25288	1,01167	26,0	26,2
	7	42,36765	46,08970	3,72205	45,10708	0,98262	26,4	
	8	41,25800	44,41115	3,15315	43,56611	0,84504	26,8	
	9	42,13905	45,34810	3,20905	44,51696	0,83114	25,9	
	10	42,28915	45,88090	3,29175	44,91472	0,96618	26,9	
60	11	42,33005	46,14410	3,91405	44,04637	2,09772	55,0	54,8
	12	42,68015	46,50330	3,82315	44,39292	2,11037	55,2	
	13	42,59995	45,59100	2,99105	43,94891	1,64208	54,9	
	14	42,60175	45,48480	2,88305	43,90489	1,57991	54,8	
	15	42,31715	45,10825	2,79110	43,59826	1,50998	54,1	
80	16	43,01415	45,89620	2,88205	43,52139	2,37480	82,4	81,5
	17	43,22155	45,46870	2,24715	43,65525	1,81345	80,7	
	18	43,15405	46,20780	3,05375	43,70678	2,50102	81,9	
	19	43,02210	46,16335	3,14125	43,65663	2,50671	79,8	
	20	43,14725	46,20245	3,05520	43,6758	2,52665	82,7	
95	21	43,15930	46,22105	3,06175	43,73981	2,48124	81,04	82,35
	22	43,05500	46,97500	3,92000	43,72689	3,24811	82,86	
	23	43,15435	46,36465	3,21030	43,69272	2,67193	83,23	
	24	43,05570	44,27625	3,22050	43,27723	0,99902	81,85	
	25	43,43440	47,42545	3,9910	44,12086	3,30458	82,80	

Таблица В.11 – Зависимость степени очистки образцов в 3%-м водном растворе Лабомида-203 от концентрации МБЛ при температуре 85-90°С

Концентрация МБЛ в моющем растворе, x_i , г/л	№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, y_i , %		Смачиваемость, с	
		образца		загрязнения	образца после эксперимента, M_2	удаленного загрязнения $\Delta M_2 = M_1 - M_2$	каждого образца	средняя по вариантам	каждого образца	средняя по вариантам
		чистого M_0	до эксперимента							
			с загрязнением M_1	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,0	1	43,24111	46,39012	3,14912	45,02481	43,80682	81,1	81,1	27	27
	2	43,26235	46,59341	3,33110	45,19700	43,88461	80,5		26	
	3	43,30571	46,43471	3,12900	45,06541	43,86151	81,3		27	
	4	44,14235	46,99141	2,84911	45,66621	44,65622	81,0		28	
	5	44,20981	47,36411	3,15430	46,01052	44,75771	81,7		27	
2,0	6	43,31010	47,45210	4,14212	45,12670	43,99099	83,0	82,3	28	27
	7	43,36300	47,60505	4,24205	45,24335	44,09871	82,1		26	
	8	43,12305	48,07015	4,94711	44,80310	43,96602	82,3		27	
	9	43,25815	45,50320	3,24505	43,38465	42,80809	82,4		26	
	10	43,45135	45,63120	3,17985	43,59135	43,01286	81,7		28	

Продолжение таблицы В.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3,0	11	43,17960	47,68875	4,50915	43,23160	43,85649	84,0	82,9	27	27
	12	44,22625	48,35135	4,12511	44,45965	44,88447	83,1		27	
	13	43,20935	47,21040	4,00105	44,04350	43,87786	82,5		27	
	14	42,97500	45,31245	2,33745	43,12300	43,35982	82,6		28	
	15	42,30575	46,04625	3,74052	42,19625	42,92932	82,3		26	
4,0	16	43,26230	46,67335	3,41105	43,80785	2,86550	84,0	83,7	28	28
	17	43,75825	47,60775	3,84951	44,36826	3,23949	83,6		29	
	18	43,11215	46,83200	3,71985	43,71208	3,11992	83,6		27	
	19	43,36155	46,69155	3,33123	43,89611	2,79544	84,0		28	
	20	43,22615	46,9675	3,74135	43,85013	3,11737	83,3		28	
5,0	21	43,98500	49,10800	5,12321	44,67495	4,43305	85,8	84,0	29	28
	22	44,20105	47,49400	3,29295	44,64245	2,85155	85,8		29	
	23	44,01505	47,93710	3,92205	44,65942	3,27768	83,1		28	
	24	44,87235	48,00240	3,13005	45,34627	2,65613	83,8		27	
	25	44,08005	47,90910	3,82905	44,76984	3,13926	81,5		27	
6,0	26	43,25621	49,10801	5,85181	43,25621	0,95735	84,35	84,2	28	28
	27	44,22654	47,49401	3,26751	44,22652	0,53325	83,98		27	
	28	44,24964	47,93710	3,68750	44,24962	0,60032	84,16		29	
	29	43,95211	48,00240	4,05031	43,95211	0,65169	84,21		27	
	30	43,88212	47,90910	4,02701	43,88212	0,64593	84,30		29	

Таблица В.12 – Зависимость степени очистки образцов в 3%-м водном растворе Лабомида-203 от концентрации МБН при температуре 85-90°C

Концентрация МБН в моющем растворе, x_i , г/л	№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, y_i , %		Смачиваемость, с	
		образца		загрязнения	образца после эксперимента, M_2	удаленного загрязнения $\Delta M_2 = M_1 - M_2$	каждого образца	средняя по вариантам	каждого образца	средняя по вариантам
		чистого M_0	до эксперимента с загрязнением M_1	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$						
1,0	1	41,74435	44,68340	2,93905	42,27485	2,40855	81,95	82,15	27	27
	2	42,98395	45,85500	2,87105	43,50648	2,34851	81,80		26	
	3	42,88670	45,80575	2,91905	43,40629	2,39945	82,20		28	
	4	42,39400	45,43505	3,04105	42,96421	2,47085	81,25		27	
	5	42,89200	45,49355	2,60155	43,37199	2,12156	81,55		27	
2,0	6	42,05050	45,14800	3,09751	42,54455	2,60344	84,05	83,12	29	28
	7	43,61665	47,70165	0,08521	44,27638	3,42527	83,85		28	
	8	43,60275	47,42480	3,82205	44,24868	3,17612	83,10		27	
	9	43,70895	47,69545	3,98652	44,39303	3,30241	82,84		28	
	10	43,62910	46,64225	3,01315	44,17749	2,46475	81,80		28	
3,0	11	42,74020	45,53350	2,79331	43,08378	2,44972	87,70	87,15	29	29
	12	42,06300	45,15405	3,09105	42,45711	2,69694	87,25		29	
	13	42,54650	45,77055	3,22405	42,96401	2,80653	87,05		30	
	14	42,61770	45,63745	3,01975	43,02839	2,60906	86,40		30	
	15	42,20545	45,36350	3,15805	42,60494	2,75855	87,35		29	

Продолжение таблицы В.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4,0	16	42,20500	46,19205	3,98705	42,60969	3,58236	88,55	89,17	30	29
	17	42,63630	45,76830	3,13212	42,95263	2,81566	88,53		30	
	18	42,81190	46,79465	3,98275	43,16238	3,63226	90,51		28	
	19	42,62365	46,39925	3,77562	42,99177	3,40747	89,61		28	
	20	43,09505	46,28130	3,18625	43,45669	2,82461	88,65		29	
5,0	21	43,15420	46,66035	3,50615	43,46414	3,19620	91,16	91,3	31	30
	22	43,10610	47,01115	3,90505	43,44584	3,56531	91,30		30	
	23	43,61315	47,34655	3,73342	43,94281	3,40374	91,17		29	
	24	43,09630	46,29430	3,19821	43,37613	2,91817	91,25		30	
	25	43,08720	46,11200	3,02481	43,34068	2,77132	91,62		30	
6,0	26	42,32620	46,59521	4,26902	42,72844	3,86675	90,97	91,5	30	30
	27	42,25940	46,35852	4,09910	42,61655	3,74189	91,88		30	
	28	42,65410	46,68550	4,03141	43,02697	3,65853	90,75		30	
	29	42,89051	46,85251	3,96221	43,22323	3,62926	91,88		31	
	30	43,11262	47,45822	4,34552	43,46444	3,99355	91,91		29	

Таблица В.13 – Зависимость степени очистки образцов в 3%-м водном растворе Лабомида-203 от концентрации МБК при температуре 85-90°С

Концентрация МБК в моющем растворе, x_i , г/л	№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, y_i , %		Смачиваемость, с	
		образца		загрязнения	образца после эксперимента, M_2	удаленного загрязнения $\Delta M_2 = M_1 - M_2$	каждого образца	средняя по вариантам	каждого образца	средняя по вариантам
		чистого M_0	до эксперимента							
			с загрязнением M_1	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,0	1	41,51350	43,62550	2,11232	41,89886	1,72663	81,75378	81,48	28	28
	2	41,91775	44,03575	2,11821	42,35384	1,68190	79,41029		29	
	3	43,83115	45,89965	2,06852	44,19518	1,70447	82,40126		27	
	4	42,15735	44,13940	1,98205	42,56381	1,57558	79,49270		28	
	5	42,09300	44,09650	2,00351	42,41538	1,68112	83,90916		28	
2,0	6	42,90035	44,91275	2,01241	43,19244	1,72031	85,48569	84,66	30	29
	7	42,81935	44,85105	2,03172	43,14514	1,70591	83,96476		29	
	8	42,16765	44,23820	2,07055	42,53321	1,70499	82,34517		28	
	9	41,68000	43,46750	1,78752	41,96732	1,50019	83,92727		28	
	10	41,74245	43,64715	1,90472	42,00451	1,64264	86,24167		30	

Продолжение таблицы В.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3,0	11	41,64110	43,84515	2,20405	41,84521	1,99995	90,74000	88,92	30	30
	12	42,27550	44,67895	2,40345	42,48967	2,18922	91,08923		31	
	13	41,27840	43,39250	2,11412	41,52559	1,86690	88,30755		31	
	14	42,17405	44,29705	2,12311	42,42886	1,86818	87,99764		29	
	15	41,72865	43,71265	1,98421	41,97562	1,73704	87,55292		29	
4,0	16	42,75865	44,63715	1,87852	42,92013	1,71702	89,60381	90,15	32	31
	17	42,50360	44,50730	2,00371	42,61966	1,88764	90,40772		31	
	18	42,5343	43,8333	1,29922	42,61832	1,21500	89,43351		30	
	19	40,78915	42,89190	2,10275	40,99935	1,89255	90,00362		30	
	20	41,90025	44,00330	2,10305	42,06165	1,94164	91,32543		32	
5,0	21	42,81435	45,05365	2,23931	42,98308	2,07057	92,46507	92,8	32	32
	22	42,14630	44,28080	2,13452	42,29998	1,98081	92,80022		32	
	23	42,63245	44,73785	2,10543	42,80214	1,93571	91,94031		33	
	24	42,26500	44,59900	2,33432	42,43305	2,16595	92,80200		31	
	25	42,35705	44,53575	2,17872	42,51487	2,02088	92,75641		32	
6,0	26	41,76412	43,62552	1,86141	41,91532	1,71020	92,87771	93,2	31	32
	27	41,71661	44,03581	2,31923	41,88848	2,14726	92,68721		33	
	28	43,68593	45,89973	2,21372	43,86855	2,03109	92,75081		32	
	29	42,35622	44,13942	1,78332	42,48272	1,65668	93,70240		32	
	30	42,10221	44,09651	1,99431	42,23221	1,86429	93,88213		32	

Таблица В.14 – Зависимость степени очистки образцов в 3%-м водном растворе МС-8 от концентрации МБЛ при температуре 85-90°С

Концентрация МБЛ в моющем растворе, x_i , г/л	№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, y_i , %		Смачиваемость, с	
		образца		загрязнения	образца после эксперимента, M_2	удаленного загрязнения $\Delta M_2 = M_1 - M_2$	каждого образца	средняя по вариантам	каждого образца	средняя по вариантам
		чистого M_0	до эксперимента							
			с загрязнением M_1	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,0	1	42,98950	46,63155	3,64205	43,59635	3,03519	83,33765	84,00	28	28
	2	42,20930	46,15105	3,94175	42,83774	3,31331	84,05695		27	
	3	42,97500	46,02605	3,05105	43,47818	2,54786	83,50794		29	
	4	42,30570	46,25480	3,94912	42,91892	3,33589	84,47236		28	
	5	42,44005	44,88405	2,44421	42,81833	2,06572	84,52210		28	
2,0	6	42,26235	46,27435	4,01212	42,85836	3,41599	85,14432	85,5	29	28
	7	42,24010	46,17110	3,93122	42,75613	3,41497	86,87281		29	
	8	42,26625	45,27850	3,01225	42,73902	2,53947	84,30500		27	
	9	42,98895	46,00010	3,01115	43,42864	2,57145	85,39779		27	
	10	42,14005	45,50155	3,36153	42,61493	2,88662	85,87312		28	

Продолжение таблицы В.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3,0	11	42,20035	45,58490	3,38455	42,67912	2,90580	85,85486	86,0	30	29
	12	43,01700	46,42105	3,40405	43,45399	2,96705	87,1625		30	
	13	43,09205	46,91555	3,82352	43,68548	3,23006	84,4794		29	
	14	42,99105	44,97810	1,98705	43,28197	1,69612	85,35897		28	
	15	42,79000	44,78905	1,99905	43,03823	1,75084	87,58388		28	
4,0	16	42,80105	45,04420	2,24315	43,06727	1,97693	88,13195	88,8	29	29
	17	42,22625	45,57330	3,34705	42,57484	2,99846	89,58525		29	
	18	42,20930	45,15630	2,94723	42,56881	2,58749	87,80102		28	
	19	42,21390	45,05490	2,84132	42,53512	2,51979	88,69395		30	
	20	41,99035	44,98770	2,99735	42,29592	2,69180	89,80610		29	
5,0	21	41,87115	43,88320	2,01205	42,07373	1,80946	89,93155	90,7	30	29
	22	43,73205	45,78245	2,05042	43,93867	1,843784	89,92315		30	
	23	41,25835	43,40725	2,14891	41,43481	1,972448	91,78875		29	
	24	41,24705	43,23810	1,99105	41,42833	1,80977	90,89535		28	
	25	41,67980	44,69645	3,01665	41,95226	2,74418	90,96805		28	
6,0	26	42,45636	46,05965	3,60331	42,82109	3,23855	89,87771	90,4	29	29
	27	42,05241	46,34941	4,29712	42,47667	3,87274	90,12671		28	
	28	42,5984	45,45641	2,858223	42,92522	2,53121	89,56552		30	
	29	42,65411	46,2546	3,60052	43,05368	3,20092	90,70241		28	
	30	42,09005	45,16345	3,07343	42,37631	2,78743	91,69580		30	

Таблица В.15 – Зависимость степени очистки образцов в 3%-м водном растворе МС-8 от концентрации МБН при температуре 85-90°С

Концентрация МБН в моющем растворе, x_i , г/л	№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, u_i , %		Смачиваемость, с	
		образца		загрязнения	образца после эксперимента, M_2	удаленного загрязнения $\Delta M_2 = M_1 - M_2$	каждого образца	средняя по вариантам	каждого образца	средняя по вариантам
		чистого M_0	до эксперимента							
			с загрязнением M_1	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,0	1	41,73395	44,88800	3,15405	42,24162	2,64637	83,90412	84,1	28	28
	2	41,98495	44,93395	2,94912	42,42511	2,50883	85,07426		28	
	3	42,36870	45,31070	2,94221	42,83793	2,47277	84,05065		27	
	4	42,39400	44,78110	2,38711	42,7645	2,01659	84,47891		29	
	5	42,98305	45,37110	2,38805	43,35033	2,02076	84,62000		28	
2,0	6	42,39400	46,54605	4,15205	43,00848	3,53756	85,20053	86,0	29	28
	7	42,50000	46,49100	3,99123	43,09063	3,40036	85,20095		28	
	8	42,55950	46,47855	3,91905	43,08949	3,38905	86,47653		28	
	9	43,10540	46,96915	3,86375	43,61211	3,35703	86,88547		27	
	10	43,09310	46,80710	3,71431	43,60192	3,20518	86,29995		28	

Продолжение таблицы В.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3,0	11	43,01775	46,94490	3,92715	43,44812	3,49680	89,0417	88,2	30	29
	12	44,01205	47,37310	3,36105	44,39855	2,97454	88,50053		29	
	13	43,04115	46,47350	3,43235	43,46577	3,00772	87,62885		29	
	14	42,91225	45,82630	2,91405	43,25903	2,56726	88,09962		27	
	15	42,81625	45,63960	2,82335	43,16918	2,47041	87,49957		30	
4,0	16	42,80915	45,78025	2,97112	43,12704	2,65320	90,30041	90,9	30	30
	17	42,81900	45,36150	2,54251	43,06553	2,29597	90,50380		31	
	18	42,61365	46,56165	3,94812	43,03609	3,52555	91,29981		29	
	19	42,01415	45,13920	3,12505	42,34145	2,79774	91,52662		30	
	20	42,61355	46,44005	3,82651	43,01142	3,42862	90,80210		30	
5,0	21	42,66715	45,79190	3,12475	42,69515	3,09675	92,10393	92,9	31	30
	22	42,11995	45,23900	3,11905	42,14945	3,08955	92,85422		31	
	23	40,99835	45,11840	4,12005	41,01445	4,10395	92,80923		30	
	24	41,99205	46,01105	4,01912	42,02975	3,98130	93,18621		29	
	25	42,01405	46,03540	4,02135	42,21155	3,82385	93,58871		29	
6,0	26	42,16484	46,54605	4,38122	42,51763	4,02841	91,94765	93,0	30	30
	27	42,76316	46,49121	3,72783	43,06524	3,42576	91,89669		29	
	28	42,35645	46,47855	4,12212	42,68058	3,79796	93,13665		31	
	29	43,35964	46,96915	3,60951	43,57252	3,39663	94,10236		29	
	30	43,08361	46,80712	3,72352	43,30692	3,50017	94,00258		31	

Таблица В.16 – Зависимость степени очистки образцов в 3%-м водном растворе МС-8 от концентрации МБК при температуре 85-90°С

Концентрация МБК в моющем растворе, $x_i, \text{г/л}$	№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, $y_i, \%$		Смачиваемость, с	
		образца		загрязнения	образца после эксперимента, M_2	удаленного загрязнения $\Delta M_2 = M_1 - M_2$	каждого образца	средняя по вариантам	каждого образца	средняя по вариантам
		чистого M_0	до эксперимента							
			с загрязнением M_1	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,0	1	41,77835	44,91840	3,14005	42,27761	2,64078	84,10014	84,2	30	30
	2	41,98095	45,92195	3,94122	42,60967	3,31228	84,04669		31	
	3	42,38570	46,20675	3,82105	42,99111	3,21564	84,15596		29	
	4	42,39400	45,54200	3,14821	42,89771	2,64429	83,99905		30	
	5	42,89205	45,83210	2,94005	43,34186	2,49023	84,70048		30	
2,0	6	42,85000	46,00310	3,15312	43,25359	2,74950	87,20010	87,0	33	32
	7	43,61305	47,57075	3,95773	44,10382	3,46693	87,59974		31	
	8	42,15665	45,51680	3,36015	42,59682	2,91998	86,90036		32	
	9	42,62810	45,86815	3,24005	43,05591	2,81223	86,79612		32	
	10	42,06300	44,93560	2,87262	42,45087	2,48473	86,49760		32	

Продолжение таблицы В.16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3,0	11	42,54650	46,14960	3,60312	42,80147	3,34812	92,42351	92,0	33	34
	12	42,77560	45,79335	3,01775	42,98888	2,80446	92,43240		35	
	13	42,82540	45,87655	3,05115	43,01916	2,85739	93,14966		35	
	14	43,14870	46,66945	3,52075	43,45148	3,21796	90,90002		33	
	15	43,63630	46,81820	3,18192	43,90302	2,91518	91,11774		34	
4,0	16	43,52675	47,65865	4,13192	43,69061	3,96804	94,03427	94,6	36	36
	17	43,18190	47,09556	3,913655	43,34238	3,75317	93,69937		37	
	18	43,54655	46,75195	3,20542	43,71961	3,03234	94,60099		35	
	19	44,01005	47,84656	3,836505	44,17182	3,67476	95,48394		36	
	20	42,14540	45,89440	3,7491	42,28785	3,60655	95,20032		36	
5,0	21	42,09635	45,09730	3,00095	42,15921	2,93830	97,31243	97,7	39	38
	22	42,97005	46,35675	3,38671	43,04133	3,31542	97,79542		39	
	23	42,54655	46,43860	3,89205	42,63691	3,80168	97,67824		37	
	24	42,26700	45,88705	3,62005	42,33319	3,55386	97,87171		37	
	25	41,90100	45,47500	3,57422	41,97625	3,49874	97,79451		38	
6,0	26	43,32468	47,43126	4,10661	43,41881	4,01244	98,50765	98,3	37	38
	27	43,34649	47,29414	3,94772	43,48045	3,81367	97,60669		38	
	28	43,35615	46,75195	3,39583	43,46435	3,28759	97,81366		39	
	29	44,24641	47,61286	3,36642	44,32039	3,29246	98,80236		37	
	30	42,13564	45,90614	3,77052	42,21762	3,68852	98,82582		39	

Таблица В.17 – Зависимость степени очистки образцов в 3%-м водном растворе МЛ-51 от концентрации МБЛ при температуре 85-90°С

Концентрация МБЛ в моющем растворе, x_i , г/л	№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, y_i , %		Смачиваемость, с	
		образца		загрязнения	образца после эксперимента, M_2	удаленного загрязнения $\Delta M_2 = M_1 - M_2$	каждого образца	средняя по вариантам	каждого образца	средняя по вариантам
		чистого M_0	до эксперимента							
			с загрязнением M_1	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,0	1	42,98950	46,63155	3,64205	43,72382	2,90772	79,83765	80,5	25	26
	2	42,20930	46,15105	3,94175	42,97571	3,17535	80,55695		26	
	3	42,97500	46,02605	3,05105	43,58497	2,44108	80,00794		26	
	4	42,30570	46,25480	3,94912	43,05712	3,19767	80,97236		27	
	5	42,44005	44,88405	2,44413	42,90387	1,98018	81,02210		26	
2,0	6	42,26235	46,27435	4,01232	43,02686	3,24748	80,94432	81,3	26	26
	7	42,24010	46,17110	3,93121	42,92123	3,24986	82,67281		26	
	8	42,26625	45,27850	3,01225	42,86554	2,41296	80,10500		25	
	9	42,98895	46,00010	3,01115	43,55511	2,44498	81,19779		27	
	10	42,14005	45,50155	3,36151	42,75611	2,74544	81,67312		26	

Продолжение таблица В.17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3,0	11	42,20035	45,58490	3,38455	42,79417	2,79072	82,45486	82,6	25	26
	12	43,01700	46,42105	3,40405	43,56973	2,85131	83,76252		26	
	13	43,09205	46,91555	3,82352	43,81548	3,10007	81,07942		26	
	14	42,99105	44,97810	1,98705	43,34953	1,62856	81,95897		27	
	15	42,79000	44,78905	1,99905	43,10617	1,68287	84,18388		26	
4,0	16	42,80105	45,04420	2,24315	43,19064	1,85355	82,43195	83,1	27	26
	17	42,22625	45,57330	3,34705	42,75892	2,81437	83,80853		25	
	18	42,20930	45,15630	2,94723	42,73089	2,42541	82,30103		26	
	19	42,21390	45,05490	2,84132	42,69136	2,36354	83,19395		26	
	20	41,99035	44,98770	2,99735	42,46075	2,52694	83,83062		26	
5,0	21	41,87115	43,88320	2,01205	42,07373	1,80946	89,93155	83,8	25	26
	22	43,73205	45,78245	2,05041	43,93867	1,84378	89,92315		25	
	23	41,25835	43,40725	2,14892	41,43482	1,97244	91,78875		27	
	24	41,24705	43,23810	1,99105	41,42833	1,80977	90,89535		27	
	25	41,67980	44,69645	3,01665	41,95226	2,74418	90,96805		26	
6,0	26	42,05611	46,05642	4,00032	42,74786	3,30855	83,50765	83,9	27	26
	27	42,06464	46,36441	4,29981	42,81252	3,55189	83,50669		26	
	28	42,51361	45,46115	2,94752	42,99101	2,47014	83,80366		25	
	29	42,73616	45,82201	3,08583	43,23613	2,58601	84,50236		27	
	30	42,06400	45,49155	3,42751	42,63942	2,85214	84,21258		25	

Таблица В.18 – Зависимость степени очистки образцов в 3%-м водном растворе МЛ-51 от концентрации МБН при температуре 85-90°С

Концентрация МБН в моющем растворе, x_i , г/л	№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, y_i , %		Смачиваемость, с	
		образца		загрязнения	образца после эксперимента, M_2	удаленного загрязнения $\Delta M_2 = M_1 - M_2$	каждого образца	средняя по вариантам	каждого образца	средняя по вариантам
		чистого M_0	до эксперимента							
			с загрязнением M_1	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,0	1	41,77835	44,91840	3,64205	42,39576	2,52264	80,33765	81,00	27	27
	2	41,98095	45,92195	3,94175	42,72752	3,19445	81,05695		26	
	3	42,38570	46,20675	3,05105	43,13053	3,07624	80,50794		28	
	4	42,39400	45,54200	3,94912	42,97725	2,56474	81,47236		27	
	5	42,89205	45,83210	2,44413	43,40591	2,42619	82,52210		27	
2,0	6	42,85000	46,00310	4,01223	43,41301	2,59009	82,14432	82,5	28	27
	7	43,61305	47,57075	3,93132	44,25132	3,31943	83,87281		28	
	8	42,15665	45,51680	3,01225	42,78483	2,73196	81,30500		26	
	9	42,62810	45,86815	3,01115	43,19842	2,66972	82,39779		26	
	10	42,06300	44,93560	3,36152	42,55499	2,38061	82,87312		27	

Продолжение таблицы В.18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3,0	11	42,54650	46,14960	3,38455	43,11021	3,03938	84,35486	84,5	29	28
	12	42,77560	45,79335	3,40405	43,20827	2,58508	85,6625		29	
	13	42,82540	45,87655	3,82352	43,34472	2,53182	82,9794		28	
	14	43,14870	46,66945	1,98705	43,75219	2,91725	82,85897		27	
	15	43,63630	46,81820	1,99905	44,07912	2,73910	86,08388		27	
4,0	16	42,80915	45,78025	2,24315	43,25089	2,52935	85,13195	85,3	29	29
	17	42,81900	45,36150	3,34705	43,16007	2,20142	85,58525		29	
	18	42,61365	46,56165	2,94721	43,21371	3,34794	83,11801		28	
	19	42,01415	45,13920	2,84123	42,46122	2,67797	85,69395		30	
	20	42,61355	46,44005	2,99735	43,11841	3,32163	86,88061		29	
5,0	21	42,66715	45,79190	2,01205	43,07957	2,71233	86,80155	86,4	30	29
	22	42,11995	45,23900	2,05042	42,56057	2,67842	85,87315		30	
	23	40,99835	45,11840	2,14893	41,58798	3,53041	85,68875		29	
	24	41,99205	46,01105	1,99105	42,52315	3,48790	86,78535		28	
	25	42,01405	46,03540	3,01665	42,54253	3,49286	86,85805		28	
6,0	26	42,42715	45,59631	3,16920	42,89911	2,69719	85,60765	86,5	29	29
	27	42,32149	45,45316	3,13171	42,78477	2,66838	85,80669		28	
	28	40,78613	45,36469	4,57861	41,40865	3,95604	86,60366		30	
	29	41,73615	46,02365	4,28752	42,32772	3,69592	86,98024		28	
	30	42,02696	45,97361	3,94670	42,55531	3,41829	87,39126		30	

Таблица В.19 – Зависимость степени очистки образцов в 3%-м водном растворе МЛ-51 от концентрации МБК при температуре 85-90°С

Концентрация МБК в моющем растворе, x_i , г/л	№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, y_i , %		Смачиваемость, с	
		образца		загрязнения	образца после эксперимента, M_2	удаленного загрязнения $\Delta M_2 = M_1 - M_2$	каждого образца	средняя по вариантам	каждого образца	средняя по вариантам
		чистого M_0	до эксперимента							
			с загрязнением M_1	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,0	1	42,98950	46,63155	3,64205	43,68742	2,94414	80,83765	81,5	28	28
	2	42,20930	46,15105	3,94175	42,93628	3,21477	81,55695		27	
	3	42,97500	46,02605	3,05105	43,55446	2,47159	81,00794		29	
	4	42,30570	46,25480	3,94912	43,01763	3,23717	81,97236		28	
	5	42,44005	44,88405	2,44432	42,87943	2,00462	82,02210		28	
2,0	6	42,26235	46,27435	4,01221	42,95866	3,31569	82,64432	83,0	29	28
	7	42,24010	46,17110	3,93112	42,85442	3,31669	84,37281		29	
	8	42,26625	45,27850	3,01225	42,81433	2,46417	81,80500		27	
	9	42,98895	46,00010	3,01115	43,50392	2,49611	82,89779		27	
	10	42,14005	45,50155	3,36152	42,69896	2,80258	83,37312		28	

Продолжение таблицы В.19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3,0	11	42,20035	45,58490	3,38455	42,69602	2,88887	85,35486	85,5	30	29
	12	43,01700	46,42105	3,40405	43,47102	2,95003	86,66252		30	
	13	43,09205	46,91555	3,82353	43,70461	3,21095	83,97943		29	
	14	42,99105	44,97810	1,98705	43,29191	1,68619	84,85897		28	
	15	42,79000	44,78905	1,99905	43,04821	1,74085	87,08388		28	
4,0	16	42,75865	44,63715	2,24315	43,00038	1,63677	86,13195	87,2	29	29
	17	42,50360	44,50730	3,34705	42,73232	1,77498	87,58525		29	
	18	42,53432	43,83331	2,94723	42,70576	1,12754	86,60101		28	
	19	40,78915	42,89190	2,84132	41,04792	1,84398	87,69395		30	
	20	41,90025	44,00330	2,99735	42,13566	1,86763	88,10613		29	
5,0	21	42,81435	45,05365	2,01205	43,08462	1,96902	87,93155	88,2	30	30
	22	42,14630	44,28080	2,05042	42,40408	1,87671	87,92315		30	
	23	42,63245	44,73785	2,14891	42,86849	1,86935	88,78875		29	
	24	42,26500	44,59900	1,99105	42,54752	2,05147	87,89535		28	
	25	42,35705	44,53575	3,01665	42,60831	1,92745	88,46805		28	
6,0	26	42,65923	45,26644	2,60722	43,04751	2,21893	87,90765	88,5	29	30
	27	42,13613	44,09314	1,95702	42,42564	1,66750	88,20669		28	
	28	42,43165	44,59263	2,16102	42,72546	1,86716	87,40366		30	
	29	42,43569	44,76311	2,32743	42,75682	2,00629	89,20236		30	
	30	42,12646	44,48315	2,35670	42,44196	2,04119	89,91258		28	

Таблица В.20 – Моющая способность и смачиваемость 3%-х водных растворов СМС без добавки и с добавкой МБК концентрацией 0,5% при различных режимах мойки

№№ опы тов	Темпера- тура моющего раствора, °С	Продол- житель- ность мойки, мин	3%-е растворы СМС											
			Моющая способность, %						Смачиваемость, с					
			МЛ-51	МЛ-51+ 0,5%МБК	МС-8	МС-8+ 0,5% МБК	Лабо- мид- 203	Лабо- мид-203+ 0,5% МБК	МЛ-51	МЛ-51+ 0,5% МБК	МС-8	МС-8+ 0,5% МБК	Лабо- мид- 203	Лабо- мид-203+ 0,5% МБК
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	10	1,0	6,5	9,2	8,3	12,3	7,4	10,4	4	6	7	10	5	8
2		2,0	7,1	10,4	9,1	16,2	8,2	12,5						
3		3,0	7,8	11,3	9,9	18,3	9,1	13,6						
4		4,0	8,5	12,8	10,5	19,1	9,8	14,7						
5		5,0	9,2	13,2	11,6	20,5	10,5	15,2						
6	20	1,0	11,7	15,3	13,8	22,5	12,6	14,5	6	8	9	12	8	11
7		2,0	12,4	16,7	14,7	24,7	13,6	16,7						
8		3,0	13,8	17,9	16,1	29,5	15,2	19,2						
9		4,0	14,7	20,5	16,8	31,7	15,5	23,8						
10		5,0	15,6	22,3	17,9	33,4	16,4	25,9						
11	30	1,0	17,1	23,7	19,2	33,4	18,3	24,4	9	12	13	17	12	15
12		2,0	17,8	25,3	20,4	35,7	18,9	27,5						
13		3,0	18,5	28,9	20,9	37,8	19,6	29,5						
14		4,0	19,4	31,2	21,6	39,5	20,7	33,8						
15		5,0	20,3	32,5	22,7	41,2	21,0	36,4						
16	40	1,0	22,5	31,8	24,5	37,8	23,2	28,5	14	18	17	21	15	19
17		2,0	23,6	33,6	26,6	42,5	24,3	32,7						
18		3,0	25,1	36,8	28,3	48,2	27,2	38,2						
19		4,0	26,4	40,5	29,0	53,1	27,9	42,7						
20		5,0	26,9	42,3	29,8	55,3	28,4	45,8						

Продолжение таблицы В.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
21	50	1,0	29,3	43,5	29,5	40,5	29,3	33,3	16	21	19	23	18	21
22		2,0	29,8	46,7	31,3	52,7	30,4	40,6						
23		3,0	30,2	52,8	33,7	61,2	32,4	52,7						
24		4,0	32,0	59,6	38,6	67,3	37,5	60,3						
25		5,0	32,7	60,4	39,1	70,1	38,6	66,3						
26	60	1,0	39,2	60,2	43,3	52,1	40,2	42,7	21	24	23	27	22	26
27		2,0	41,3	63,7	47,0	61,3	43,1	49,8						
28		3,0	43,8	66,4	49,6	70,1	44,5	60,2						
29		4,0	48,6	68,0	57,2	78,8	51,3	70,7						
30		5,0	49,4	69,5	58,3	81,2	52,3	75,4						
31	70	1,0	71,4	74,6	62,4	76,2	48,4	75,0	26	27	27	31	27	28
32		2,0	74,5	78,1	69,5	81,3	59,5	79,5						
33		3,0	77,8	80,2	77,4	83,6	71,2	81,4						
34		4,0	81,2	82,1	85,2	85,5	82,4	83,9						
35		5,0	82,6	83,4	86,0	92,5	84,4	89,5						
36	80	1,0	83,0	84,1	71,5	85,5	60,2	84,2	28	29	33	36	29	30
37		2,0	83,7	84,4	77,5	87,1	71,4	84,9						
38		3,0	84,2	84,9	83,7	87,6	80,5	85,4						
39		4,0	84,8	85,3	88,3	90,2	87,9	89,5						
40		5,0	85,3	85,7	88,9	96,9	88,3	92,2						
41	90	1,0	83,2	84,5	75,4	87,2	62,3	84,2	29	30	35	38	31	32
42		2,0	84,0	85,3	82,3	88,0	73,1	85,8						
43		3,0	84,7	86,4	88,6	89,5	82,0	86,7						
44		4,0	85,1	87,8	88,7	93,8	88,2	89,5						
45		5,0	85,5	88,2	89,0	98,1	88,4	93,1						
46	100	1,0	75,5	83,2	70,5	77,1	61,1	76,1	27	28	28	32	28	29
47		2,0	79,2	83,8	80,3	82,5	72,3	80,2						
48		3,0	81,4	84,3	84,3	88,2	80,5	82,3						
49		4,0	83,2	84,9	86,6	92,0	84,5	87,7						
50		5,0	83,7	85,2	87,1	95,3	85,2	90,2						

Таблица В.21 – Результаты потенциодинамического измерения плотности анодного тока при различных значениях потенциала стали Ст. 45Х в различных составах СМС с добавками

Наименование добавок (концентрацией 5г/л)	3%-е растворы СМС											
	МЛ-51				МС-8				Лабомида-203			
	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 = 0,0В	Е = 0,2В	Е = 0,4В	Е = 0,6В	Е = 0,0В	Е = 0,2В	Е = 0,4В	Е = 0,6В
–	4,2	4,3	4,4	4,5	3,9	4,0	4,1	4,2	4,0	4,2	4,3	4,4
МБЛ	3,3	3,4	3,5	3,6	3,2	3,4	3,6	3,7	3,1	3,2	3,3	3,4
МБН	3,0	3,2	3,3	3,4	2,7	3,0	3,1	3,2	2,6	2,8	3,0	3,2
МБК	2,9	3,0	3,1	3,2	2,3	2,5	2,7	2,9	2,4	2,6	2,8	3,0

Таблица В.22 – Скорость коррозии, ингибиторный эффект и степень защиты стали Ст. 45Х за 30 суток в 3%-м растворе NaCl в присутствии МЛ-51, Лабомида-203 и МС-8 концентрацией 3% без добавки и с добавкой МБК различной концентрации

№№ образцов	Коррозионная среда	Концентрация МБК в растворе, г/л	Масса образца до опыта, m_o , г	Масса образца после опыта, m_i , г	Потеря массы $\Delta m = m_o - m_i$, г	Площадь образца, S , см ²	Скорость коррозии, K , г/м ² ·ч·10 ⁻³	Средняя скорость коррозии, $K_{ср.}$, г/м ² ·ч·10 ⁻³	Средний ингибиторный эффект, $\gamma_{ср}$	Средняя степень защиты, $Z_{ср.}$ %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3%-й раствор NaCl (контроль)	0	47,3057	42,32914	14,21040	6,16	32,04	31,23	1,0	0
2			46,9775	33,09532	13,02100	5,83	31,02			
3			46,9787	33,95654	13,18810	5,98	30,63			
4	3%-й раствор NaCl + 3%-й раствор МЛ-51	0	48,1264	37,68931	10,43708	5,81	24,95	24,55	1,27	27,2
5			47,5694	36,86184	10,70755	6,12	24,30			
6			47,3247	36,52038	10,80432	6,15	24,40			
7	3%-й раствор NaCl + 3%-й раствор МЛ-51+ МБК	1	47,2115	38,12006	9,09144	5,75	21,96	22,09	1,41	41,4
8			46,9987	37,18209	9,81665	6,22	21,92			
9			47,3630	37,48095	9,88205	6,13	22,39			
10		2	47,3403	38,40712	8,93319	6,02	20,61	20,57	1,52	51,8
11			47,2801	38,38518	8,89495	6,05	20,42			
12			47,2421	38,36729	8,87420	5,96	20,68			
13		3	47,2635	39,18250	8,08099	5,97	18,80	18,66	1,67	67,4
14			47,0121	39,23557	7,77657	5,87	18,40			
15			47,3615	39,35671	8,00478	5,92	18,78			

Продолжение таблицы В.22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16	3%-й раствор NaCl + 3%-й раствор МЛ-51+ МБК	4	47,3843	40,10349	7,32188	5,94	17,12	17,08	1,83	82,8
17			46,6582	40,06247	7,20639	5,86	17,08			
18			47,2470	39,45186	7,37355	6,01	17,04			
19		5	46,9405	39,67700	7,26354	5,98	16,87	16,67	1,87	87,3
20			46,8912	39,66142	7,22977	6,02	16,68			
21			47,0515	39,97633	7,07516	5,97	16,46			
22	3%-й раствор NaCl + 3%-й раствор Лабомида-203	0	48,12535	37,9655	10,15983	6,02	23,44	23,72	1,32	31,7
23			47,56055	36,9631	10,59739	6,12	24,05			
24			47,31005	36,7778	10,5322	6,18	23,67			
25	3%-й раствор NaCl + 3%-й раствор Лабомида- 203+МБК	1	46,48175	37,11800	9,363744	6,10	21,32	21,43	1,46	45,7
26			46,4538	37,28006	9,173736	5,94	21,45			
27			46,6164	37,27327	9,343123	6,03	21,52			
28		2	47,04745	37,27328	7,90111	5,68	19,32	19,24	1,62	62,3
29			46,5905	39,14634	8,12737	5,87	19,23			
30			46,40105	38,46313	8,06060	5,84	19,17			
31		3	47,34035	39,39587	7,94448	6,13	18,00	17,93	1,74	74,2
32			47,23015	39,17456	8,05559	6,24	17,93			
33			47,25905	39,22205	8,037	6,25	17,86			
34		4	46,9910	39,67205	7,12577	5,98	16,55	16,53	1,89	88,9
35			47,20105	39,86523	6,66140	5,69	16,26			
36			46,9050	40,53965	7,17647	5,94	16,78			
37		5	46,866	39,95113	6,914866	6,01	15,98	16,06	1,94	94,5
38			47,013	40,07801	6,934982	5,99	16,08			
39			46,512	39,54816	6,96384	6,00	16,12			

Продолжение таблицы В.22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
40	3%-й раствор NaCl + 3%-й раствор МС-8	0	47,56874	38,3956	9,173052	6,23	20,45	20,78	1,50	50,3
41			47,2451	38,4307	8,814355	5,88	20,82			
42			47,02674	38,0003	9,026388	5,95	21,07			
43	3%-й раствор NaCl + 3%-й раствор МС-8 + МБК	1	46,87175	39,72853	8,02492	5,86	19,02	18,91	1,65	65,2
44			46,99200	38,84683	7,93866	5,84	18,88			
45			47,48175	39,05334	7,95831	5,87	18,83			
46		2	47,48200	39,52344	7,95831	5,87	18,83	18,20	1,72	71,6
47			47,36800	39,15496	8,21339	6,22	18,34			
48			47,27900	39,29509	7,98396	6,14	18,06			
49		3	47,45100	39,26135	8,19000	6,25	18,2	16,06	1,95	94,5
50			47,32100	40,40334	6,91741	5,96	16,12			
51			46,99000	40,15697	6,83263	5,92	16,03			
52		4	47,22600	40,15125	7,07500	6,13	16,03	15,99	1,96	96,2
53			47,26800	40,43639	6,83136	5,93	16			
54			46,99000	39,94274	7,04676	6,14	15,94			
55		5	47,056	40,0615	6,9947	6,11	15,9	15,80	1,98	97,7
56			46,655	39,7941	6,8607	6,05	15,75			
57			47,521	40,6152	6,9060	6,09	15,75			

Таблица В.23 – Продолжительность времени до появления первых очагов коррозии на поверхности стали Ст. 45Х после мойки в 3%-х растворах СМС в зависимости от концентрации добавок, в сутках

Моющие композиции с 3%-й концентрацией СМС	Ингибитор и его концентрация, г/л	Продолжительность времени до появления первых очагов коррозии		
		Каждого образца	Средняя по вариантам	
1	2	3	4	
Образцы без мойки (контроль)		2, 3, 3, 3, 4	3	
Лабомида-203	МБЛ			
	1,0;	10, 10, 10, 10, 10	10,0	
	2,5;	11, 10, 10, 12, 10	10,6	
	5,0	13, 13, 13, 13, 13	13,0	
	6,0	13, 14, 13, 14, 13	13,4	
	МБН			
	1,0;	16, 16, 15, 15, 15	15,4	
	2,5;	16, 16, 16, 16, 16	16,0	
	5,0	16, 16, 16, 17, 16	16,2	
	6,0	16, 17, 16, 17, 16	16,4	
	МБК			
	1,0;	16, 16, 17, 16, 16	16,2	
	2,5;	17, 16, 17, 17, 16	16,4	
	5,0	17, 18, 18, 18, 17	17,6	
	6,0	17, 18, 19, 18, 17	17,8	
	ТБА			
	1,0;	11, 11, 11, 11, 11	11	
	2,5;	10, 10, 11, 11, 11	10,6	
	5,0	12, 12, 11, 12, 12	11,8	
	6,0	12, 13, 12, 12, 12	12,2	
	ПБА			
	1,0;	11, 12, 12, 13, 10	11,6	
	2,5;	12, 12, 13, 13, 13	12,6	
	5,0	14, 14, 14, 14, 14	14	
	6,0	15, 14, 14, 14, 14	14,2	
	МС-8	МБЛ		
		1,0;	19, 19, 19, 19, 19	19,0

1	2	3	4	
МС-8	2,5;	19, 19, 19, 19, 19	19,0	
	5,0	19, 19, 18, 19, 20	19,0	
	6,0	19, 20, 19, 19, 19	19,2	
	МБН			
	1,0;	17, 17, 17, 17, 17	17,0	
	2,5;	17, 17, 17, 17, 17	17,0	
	5,0	18, 18, 17, 17, 17	17,4	
	6,0	18, 17, 18, 18, 17	17,6	
	МБК			
	1,0;	20, 21, 20, 21, 20	20,2	
	2,5;	22, 22, 21, 21, 21	21,4	
	5,0	22, 22, 23, 22, 22	22,2	
	6,0	22, 23, 23, 22, 23	22,6	
	ТБА			
	1,0;	18, 17, 17, 18, 18	17,6	
	2,5;	18, 18, 18, 18, 18	18,0	
	5,0	18, 18, 19, 19, 19	18,6	
	6,0	19, 18, 19, 19, 19	18,8	
	ПБА			
	1,0;	18, 18, 18, 18, 18	18,0	
	2,5;	19, 19, 18, 19, 19	18,8	
	5,0	20, 20, 21, 20, 20	20,2	
	6,0	20, 20, 21, 20, 21	20,4	
	МЛ-51	МБЛ		
1,0;		1,0;	1,0;	
2,5;		2,5;	2,5;	
5,0		5,0	5,0	
6,0		6,0	6,0	
МБН				
1,0;		18, 19, 19, 18, 18	18,4	
2,5;		19, 18, 19, 19, 19	18,8	
5,0		19, 20, 19, 19, 20	19,4	
6,0		19, 20, 20, 19, 20	19,6	
МБК				
1,0;		20, 20, 20, 20, 20	20,0	

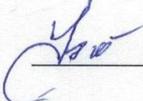
Продолжение таблицы В.23

1	2	3	4	
МЛ-51	2,5;	20, 20, 21, 21, 21	20,6	
	5,0	21, 21, 20, 22, 21	21,0	
	6,0	21, 22, 20, 22, 21	21,2	
	ТБА			
	1,0;	18, 18, 18, 18, 18	18,0	
	2,5;	18, 18, 18, 18, 18	18,0	
	5,0	18, 17, 19, 18, 18	18,0	
	6,0	18, 18, 19, 19, 18	18,4	
	ПБА			
	1,0;	18, 19, 18, 17, 18	18,0	
	2,5;	19, 18, 17, 18, 18	18,0	
	5,0	19, 19, 19, 19, 19	19,0	
	6,0	19, 19, 20, 19, 19	19,2	

**ПРИЛОЖЕНИЕ С
(СПРАВОЧНОЕ)**

**ДОКУМЕНТЫ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫПОЛНЕННЫХ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Генеральный директор
ГУП ЧР «Чувашавтотранс»
Министерства транспорта и дорожного хозяйства
Чувашской Республики


С.А. Фомичев
«14» декабря 2016 г.

АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы

Фадеева Ивана Васильевича на тему: «Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

Мы, нижеподписавшиеся, представители ГУП ЧР «Чувашавтотранс» Министерства транспорта и дорожного хозяйства Чувашской Республики начальник производственно-технической службы Кудряшов А.А., начальник гаража Иванов Н.В. и представитель Волжского филиала ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)» доцент кафедры «Транспортные, технологические машины и наземные транспортно-технологические средства» Фадеев И.В. составили настоящий акт о внедрении результатов диссертационной работы Фадеева И.В. на тему «Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве», а именно раствора для мойки узлов, агрегатов и деталей транспортных средств при ремонте, включающего синтетическое моющее средство МС-8 концентрацией 3% и добавку из монобората калия концентрацией 0,05%.

Использование разработанной композиции моющего раствора позволило сократить продолжительность мойки деталей до 5 минут и обеспечить качество мойки деталей при более низких температурах раствора, что в конечном итоге положительно повлияло на сокращение расхода электроэнергии на поддержание оптимальной температуры раствора, повышение качества ремонта и долговечности отремонтированных агрегатов, а также на улучшение санитарно-гигиенических условий работы работников агрегатно-механического участка.



Начальник производственно-
технической службы
Начальник гаража
Кл. в. доцент ВФ МАДИ

А.А. Кудряшов
Н.В. Иванов
И.В. Фадеев

Продолжение приложения С**УТВЕРЖДАЮ**

Технический директор

ООО «Альянс Ко»

А.А. Люкшин

«04» декабря 2017 г.

**АКТ О ВНЕДРЕНИИ**

результатов диссертационной работы

Фадеева Ивана Васильевича на тему: «Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

Настоящий акт составлен о том, что результаты диссертационной работы Фадеева И.В. на тему: «Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве» внедрены в ООО «Альянс Ко».

Внедрение в технологические процессы ремонта двигателей разработанной по результатам диссертационных исследований автора многокомпонентной моющей композиции, включающей синтетическое моющее средство МС-8 концентрацией 3% и моноборт калия в количестве 5 г/л, позволило сократить продолжительность и повысить качество мойки деталей на участке ремонта двигателей, что в конечном итоге положительно повлияло на повышение качества ремонта и долговечности отремонтированных двигателей, а также на улучшение санитарно-гигиенических условий работы.

Руководитель сервисной службы _____

Инженер по гарантии _____

Мастер цеха _____

Гаврилов А.Н.

Воробьев И.А.

Алексеев А.С.

«04» декабря 2017 г.

Продолжение приложения С

УТВЕРЖДАЮ

Председатель СХПК — колхоз им. Ленина

П. Н. Тунгулов

«07» февраля 2019 г.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы Фадеева Ивана Васильевича на тему: «Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

Мы, нижеподписавшиеся, механик СХПК – колхоз им. Ленина Павлов А.Р., мастер-наладчик Майков А.С., инженер МЖФ Григорьев А.Г. составили настоящий акт в том, что результаты диссертационной работы Фадеева И.В. на тему: «Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве» внедрены в технологические процессы ТО и ремонта автомобилей и сельскохозяйственной техники в СХПК – колхоз им. Ленина Чебоксарского района Чувашской Республики.

Использование разработанной автором многокомпонентной моющей композиции на основе 3%-го водного раствора синтетического моющего средства МС-8 с добавкой монобората калия концентрацией 5 г/л при мойке узлов, агрегатов и деталей автомобилей и сельскохозяйственной техники позволило улучшить санитарно-гигиенические условия труда работников, снизить расход электроэнергии на поддержание оптимальной температуры моющего раствора, сократить продолжительность (до 5 минут) и повысить качество мойки деталей (до 97%) на ремонтном участке, что в конечном итоге положительно повлияло на повышение качества ремонта и ресурса отремонтированной техники.

Механик

Мастер-наладчик

Инженер МЖФ

А.Р. Павлов

А.С. Майков

А.Г. Григорьев

«07» февраля 2019 г.

Общество с ограниченной ответственностью

«АвтоБосс»

428000 ЧР, г. Чебоксары, ул. Ленинского Комсомола, д. 38, офис 40, ИНН 2130096138 КПП 213001001
ОГРН 1112130015337 расчетный счет 40702810500000014747 в АКБ «ЧУВАШКРЕДИТПРОМБАНК»
ОАО г. Чебоксары, пр. Московский, 3 кор.сч. 30101810200000000725 Бик 049706725 тел.449-559, 448-558.

АКТ О ВНЕДРЕНИИ

результатов диссертационной работы в производство

Заказчик – ООО «АвтоБосс» (Чувашская Республика, г. Чебоксары, Канашское шоссе, д. 7).

Настоящим актом подтверждается, что результаты диссертационной работы Фадеева Ивана Васильевича на тему: «Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве», выполненной на кафедре «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве, внедрены в производство в ООО «АвтоБосс».

Вид внедрения результатов – методика обоснованного выбора параметров технологического процесса мойки узлов, агрегатов и деталей при ремонте (продолжительность процесса, температура моющего раствора и его состав по наличию СМС, добавок и их концентрации).

Область и форма внедрения – мойка деталей в технологических процессах ремонта двигателей автомобилей.

Эффект от внедрения и новизна – разработанная и внедренная методика обоснованного выбора параметров технологического процесса мойки узлов, агрегатов и деталей при ремонте, используемый состав моющего раствора обеспечивают повышение производительности труда более, чем на 15%, снижение расхода электроэнергии в связи с сокращением продолжительности мойки и обеспечения качества очистки деталей при более низких температурах моющего раствора.

Директор ООО «АвтоБосс»  Г.М. Федоров

20. 06. 2018 года



Продолжение приложения С



УТВЕРЖДАЮ:
 проректор по учебной работе
 ЧГПУ им. И. Я. Яковлева

 С. В. Ильина
 «11» декабря 2018 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы Фадеева Ивана Васильевича на тему: «Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

Мы, нижеподписавшиеся, декан технолого-экономического факультета Федорова И. А., заместитель декана по учебной работе Афанасьева И. В., доценты кафедры машиноведения Тончева Н. Н., Степанов С. П., составили настоящий акт в том, что результаты диссертационной работы Фадеева И.В. на тему: «Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве» используются в ЧГПУ им. И. Я. Яковлева при проведении учебных занятий по техническим дисциплинам учебных планов направлений подготовки кафедры машиноведения.

На занятиях по дисциплине «Техническая эксплуатация автомобилей», изучаются разработанные в рамках диссертационных исследований многокомпонентные технологические растворы для мойки деталей, узлов и агрегатов и их влияние на ресурс отремонтированных автомобилей. При изучении дисциплин «Техника транспорта, обслуживание и ремонт», «Транспортная энергетика», «Силовые агрегаты» используются предложенные в диссертационной работе методики совершенствования технологических процессов ремонта агрегатов автомобилей, снижения коррозионной агрессивности моющей композиции и способы повышения коррозионной стойкости изделий в межоперационный период хранения.

Декан технолого-экономического факультета,
канд. пед. наук, доцент



И. А. Федорова

Заместитель декана по учебной работе,
канд. пед. наук



И. В. Афанасьева

Канд. техн. наук, доцент кафедры машиноведения



Н. Н. Тончева

Канд. пед. наук, доцент кафедры машиноведения



С. П. Степанов

Продолжение приложения С

УТВЕРЖДАЮ
 Проректор по учебной и научной работе
 ФГБОУ ВО «Чувашская ГСХА»
 _____ Л.М. Корнилова
 «03» июня 2019 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы Фадеева Ивана Васильевича на тему: «Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

Мы, нижеподписавшиеся, декан инженерного факультета кандидат технических наук, доцент Пушкаренко Н.Н., кандидаты технических наук, доценты кафедры транспортно-технологических машин и комплексов Павлов В.С. и Смирнов А.Г. составили настоящий акт в том, что результаты диссертационной работы Фадеева И.В. на тему: «Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве» используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия» на кафедре транспортно-технологических машин и комплексов при проведении лекционных, лабораторных и практических занятий: по дисциплине «Техническая эксплуатация автомобилей» изучаются разработанные в диссертации многокомпонентные технологические растворы для мойки деталей, узлов и агрегатов транспортных средств, по дисциплине «Противокоррозионная защита автомобилей» используются разработанные в диссертационной работе методики снижения коррозионной агрессивности моющей среды и способы повышения коррозионной стойкости деталей в межоперационный период хранения.

Декан инженерного факультета
 кандидат технических наук, доцент
 Кандидат технических наук, доцент
 Кандидат технических наук, доцент




 Н.Н. Пушкаренко
 В.С. Павлов
 А.Г. Смирнов

Окончание приложения С

УТВЕРЖДАЮ



Директор ГАПОУ Чебоксарский техникум
ТрансСтройТех Минобразования Чувашии

Л.В. Белов

«11» сентября 2017 г.

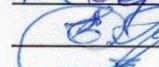
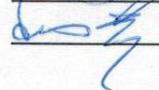
АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы
Фадеева Ивана Васильевича на тему: «Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

Мы, нижеподписавшиеся, заместитель директора по учебной работе Федотов М. Н., заведующий отделением Прокопьева Е.Г., соискатель Фадеев И.В. составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы Фадеева И.В. на тему: «Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве» используются в ГАПОУ Чебоксарский техникум ТрансСтройТех Минобразования Чувашии при проведении учебных занятий.

В дисциплинах «Техническое обслуживание и ремонт автотранспорта», «Теоретическая подготовка водителя автомобиля» рассматриваются разработанные в диссертации многокомпонентные технологические растворы для мойки деталей, узлов и агрегатов транспортных средств при ремонте, используются предложенные в диссертационной работе методики повышения моющей способности растворов и способы повышения коррозионной стойкости деталей в межоперационный период хранения.

Заместитель директора по учебной работе
Заведующий отделением
Соискатель

 М.Н. Федотов
 Е.Г. Прокопьева
 И.В. Фадеев

**ПРИЛОЖЕНИЕ D
(СПРАВОЧНОЕ)**

**ДОКУМЕНТЫ, ПОДТВЕРЖДАЮЩИЕ СТЕПЕНЬ ДОСТОВЕРНОСТИ
И АПРОБАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ**





