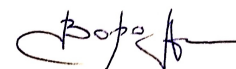


Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический  
университет имени П.А. Костычева»

*На правах рукописи*



ВОРОНОВ ВЛАДИМИР ПЕТРОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОЙКИ ДЕТАЛЕЙ  
АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ**

**Диссертация**

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Специальность: 05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в  
сельском хозяйстве

Научный руководитель  
доктор технических наук, доцент  
Фадеев Иван Васильевич

Рязань, 2022

## АННОТАЦИЯ

Во введении обоснована актуальность и проанализирована степень разработанности темы диссертации, поставлены цель и задачи исследований, приведены методы и методики проведения исследований, научная новизна, теоретическая и практическая значимости работы, выносимые на защиту положения диссертации, обоснована степень достоверности и апробация результатов исследования.

Первая глава посвящена анализу современного состояния вопроса мойки деталей агрегатов автотракторной техники, рассмотрению способов, методов мойки, оборудования и средств для мойки деталей при ремонте агрегатов автотракторной техники, выявлению их положительных и отрицательных сторон, а также определению причин загрязнения деталей автотракторной техники и изучению классификации загрязнений по различным признакам.

Во второй главе проведены теоретические исследования совершенствования технологического процесса мойки деталей при ремонте агрегатов, проведен анализ факторов, влияющих на эффективность мойки, теоретически обосновано влияние активации моющего раствора колебанием оmyвальной корзины с деталями на степень очистки деталей от загрязнений и межремонтный ресурс агрегатов автотракторной техники.

В третьей главе приведены описания методик проведения лабораторных и производственных экспериментов для повышения эффективности мойки деталей автотракторной техники.

Четвертая глава посвящена исследованию влияния различных способов активации моющего раствора на степень очистки деталей от загрязнений с использованием оригинальной моечной установки.

Пятая глава посвящена производственным испытаниям и расчету экономического эффекта полученных результатов исследования.

Приведены заключение, список литературы, цитируемых автором в работе.

В приложении представлен документ о внедрении результатов выполненных научных исследований в производство.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 Анализ состояния вопроса мойки деталей при ремонте автотракторной техники.....	10
1.1 Загрязнение деталей при эксплуатации автотракторной техники.....	10
1.2 Очистка и мойка деталей при ремонте автотракторной техники.....	19
1.3 Оборудование и средства для очистки и мойки деталей.....	27
1.4 Выводы по главе 1.....	38
ГЛАВА 2 Теоретические предпосылки повышения эффективности мойки деталей при ремонте автотракторной техники.....	41
2.1 Анализ факторов, влияющих на ресурс отремонтированной техники.....	41
2.2 Теоретическое обоснование влияния совершенствования активации раствора на эффективность мойки деталей.....	43
2.3 Механизм влияния активации раствора на удаление загрязнений с поверхностей деталей.....	49
2.4 Выводы по главе 2.....	59
ГЛАВА 3 Методика лабораторных экспериментов.....	61
3.1 Устройство оригинальной моечной установки, методика ее использования и исследования моющей способности раствора.....	61
3.2 Подготовка образцов к лабораторным экспериментам.....	65
3.3 Определение количества параллельных экспериментов.....	67
3.4 Выводы по главе 3.....	68
ГЛАВА 4 Результаты лабораторных исследований.....	69
4.1 Определение степени очистки деталей при струйном воздействии моющего раствора на загрязнения.....	69
4.2 Определение степени очистки деталей при активации раствора центрифугой.....	76

4.3	Определение степени очистки деталей при активации раствора колебанием омывательной корзины.....	80
4.4	Выводы по главе 4.....	84
ГЛАВА 5	Результаты производственных испытаний и расчет экономического эффекта.....	85
5.1	Организация эксплуатации автомобилей после ремонта двигателя...	85
5.2	Выбор объекта для производственных испытаний.....	89
5.3	Результаты эксплуатации автомобилей с отремонтированным двигателем.....	96
5.4	Экономический эффект от внедрения результатов исследования.....	99
5.5	Выводы по главе 5.....	106
	Заключение.....	108
	Список литературы.....	109
	Приложения.....	126

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Мойка наружных поверхностей неисправных агрегатов, снятых с машины, и мойка их деталей после разборки включены в «технологические процессы ремонта машин и предусматривают использование синтетических моющих средств (СМС). Процессы мойки и очистки загрязненных агрегатов, узлов и деталей» [113] являются операциями, повышающими качество, производительность труда ремонтных работ до 8%, межремонтный ресурс автотракторной техники около 30%, привлекательность технологических процессов ремонта. Тщательное удаление загрязнений с поверхностей деталей ремонтируемых агрегатов снижает затраты труда и материальных средств. Однако, используемые в ремонтном производстве предприятий сельского хозяйства СМС и технологии мойки не соответствуют современным требованиям экологии и технологических процессов ремонта и обслуживания, что существенно снижает показатели производства и эксплуатации автотракторной техники.

Для повышения эффективности процессов мойки и очистки применяются различные способы: улучшение моющих и ингибиторных свойств СМС, совершенствование активации раствора в моющих установках, оптимизация технологических параметров мойки и другие.

На основе вышеизложенного можно утверждать, что совершенствование процесса мойки деталей автотракторной техники в ремонтном производстве предприятий сельского хозяйства применением более эффективной активации раствора в моющих установках является **актуальной** задачей. Решение этой задачи положительно повлияет на развитие сельскохозяйственного производства страны.

**Степень разработанности темы исследования.** При эксплуатации машин в условиях высокой относительной влажности воздуха на их поверхности по причине постепенной адсорбции из воздуха формируется пленка влаги. Поглощая из атмосферного воздуха механические и химические примеси, пленка влаги становится коррозионно-агрессивным раствором,

загрязняет наружные и внутренние поверхности машин, их агрегатов и деталей, вызывает коррозионные процессы на поверхности загрязненных элементов автотракторной техники, чем способствует сокращению их ресурса. Следовательно, высокая относительная влажность воздуха является одним из основных факторов, загрязняющих поверхности автотракторной техники, ее агрегатов и деталей.

Вопросами повышения качества мойки деталей, узлов и агрегатов автотракторной техники занимались и занимаются российские и зарубежные ученые Л.М. Гуревич, Н.Ф. Тельнов, Н.В. Бышов, П.А. Ребиндер, Ю.С. Козлов, В.М. Приходько, В.И. Карагодин, М.Ю. Карелина, Ш.В. Садетдинов, А.В. Шемякин, И.А. Успенский, Н.С. Серпокыров, И.В. Фадеев, И.А. Юхин, K.S. Rojagorlan, L. Yang и многие другие.

Решение задачи «совершенствования технологического процесса мойки деталей позволяет повысить экологичность процесса мойки, производительность труда, качество дефектовки, ресурс деталей, улучшить условия труда, моющие свойства растворов СМС, что способствует экономии трудовых и материальных затрат при ремонте машин» [61].

**Цель** исследования – повышение эффективности мойки деталей при ремонте агрегатов автотракторной техники в сельском хозяйстве.

Ресурс агрегатов автотракторной техники во многом зависит от эффективности технологического процесса мойки деталей при их ремонте, что в свою очередь определяется «степенью очистки деталей, которые зависят от режима, способа мойки, средств и оборудования для мойки. Их выбор определяется видом загрязнений, размерами и материалом деталей» [113]. Исходя из этого для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Изучить и определить возможность повышения ресурса двигателей автотракторной техники совершенствованием технологического процесса мойки деталей при их ремонте.

2. Повысить степень очистки деталей от загрязнений путем

совершенствования активации моющего раствора.

3. Провести экспериментальные исследования по установлению закономерностей влияния продолжительности мойки при различных способах активации моющего раствора на изменение степени очистки деталей от загрязнений. Обосновать рациональную продолжительность мойки при различных способах активации моющего раствора. Экспериментально определить наиболее эффективный способ активации моющего раствора.

4. Проверить результаты лабораторных исследований в производственных условиях и провести их технико-экономическую оценку.

**Объект исследования:** технологический процесс удаления загрязнений с поверхности деталей под воздействием моющего раствора.

**Предмет исследования.** Влияние способов активации на степень очистки деталей от загрязнений.

**Научная новизна работы:**

– повышена эффективность мойки деталей за счет совершенствования активации моющего раствора;

– экспериментально доказана зависимость степени очистки деталей от способов активации моющего раствора;

– экспериментально доказана эффективность активации моющего раствора колебанием омывательной корзины для повышения степени очистки деталей от загрязнений;

– получены уравнения, отражающие влияние продолжительности мойки на степень очистки деталей от загрязнений при различных способах активации моющего раствора.

**Теоретическая значимость работы:**

– выявлены закономерности влияния различных способов активации моющего раствора на изменение степени очистки деталей от загрязнений;

– экспериментально обоснована рациональная продолжительность мойки деталей при различных способах активации моющего раствора.

**Практическая значимость работы:**

– результаты исследований применены при разработке новых технологий активации моющего раствора при мойке деталей автотракторной техники и используются в учебном процессе ВУЗов.

**Методы исследований.** В работе использованы теории планирования, математического моделирования экспериментов, методы регрессионного и корреляционного анализа и математической статистики.

Лабораторных и производственные исследования проведены с использованием разработанных на основе нормативно-технических документов собственных методик. Зависимость степени очистки деталей автотракторной техники от способов активации моющего раствора определяли с использованием оригинальной моечной установки (собственного изготовления). Моющую способность раствора определяли гравиметрическим методом.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Повышение эффективности мойки деталей за счет совершенствования активации моющего раствора.

2. Уравнения, описывающие зависимость степени очистки образцов от продолжительности мойки при различных способах активации моющего раствора.

3. Результаты испытаний результатов диссертационных исследований в условиях производства.

**Степень достоверности результатов исследования.** Достоверность результатов исследования, соответствующих теме и общим выводам диссертации, обосновывается применением средств измерений, прошедших госповерку, использованием современных методов математического моделирования экспериментов и обработки их результатов.

**Апробация результатов исследования.** Материалы диссертации докладывались, обсуждались и получили одобрения на научно-практических конференциях **национальных**: «Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии» (г. Рязань, РГАТУ им. П.А.



Костычева, 2021 г.), «Современное состояние и перспективы развития механизации сельского хозяйства и эксплуатации транспорта» (г. Рязань, РГАТУ им. П.А. Костычева, 2021 г.), *всероссийской с международным участием*: «Автомобильный транспорт: эксплуатация и сервис» (г. Чебоксары, ЧГПУ им И.Я. Яковлева, 2022 г.), *международной*: «Инновации в сельскохозяйственном машиностроении, энергосберегающие технологии и повышение эффективности использования ресурсов» (г. Рязань, РГАТУ им. П.А. Костычева, 2022 г.)

**Личный вклад соискателя.** Соискатель разработал методику повышения качества мойки деталей за счет совершенствования активации моющего раствора. Соискатель планировал и проводил эксперименты, статистическую обработку и анализ результатов экспериментов, разработал рекомендации по применению разработанной технологии мойки деталей при ремонте автотракторной техники на предприятиях сельского хозяйства.

**Публикации.** По материалам диссертационной работы соискатель имеет 6 публикаций: одна статья – в издании Web of Sciense, две статьи – в изданиях, рекомендованных ВАК, 3 статьи – в изданиях РИНЦ. Общий объем публикаций соискателя составляет 2,15 усл. п. л., в т. ч. доля соискателя – 1,21 усл. п. л.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа представлена введением, пятью главами, заключением, списком литературы из 150 наименований, в том числе 5 наименований на иностранных языках, и одним приложением. Работа изложена на 125 страницах, содержит 20 таблиц и 40 рисунков.

## ГЛАВА 1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА МОЙКИ ДЕТАЛЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

### 1.1 Загрязнения деталей при эксплуатации автотракторной техники

При эксплуатации автотракторной техники поверхности деталей и агрегатов загрязняются, следствием которого является ухудшение ее эксплуатационных характеристик: снижается мощность двигателя, эффективность радиаторов и фильтров, увеличивается расход эксплуатационных материалов, износ трущихся поверхностей и др., что существенно ускоряет наступление предельного состояния автотракторной техники в целом. Всем этим и обосновывается необходимость мойки агрегатов и при ремонте (рисунок 1.1), и при их эксплуатации [113].

«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 [13, 126];

– 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 [13, 19, 127];

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

– продукты коррозии» [113].

Разновидностью загрязнений автотракторной техники являются дорожная грязь, пыль, остатки ядохимикатов после транспортирования или внесения, продукты коррозии, остатки растений, масла, топлива и др. На внутренних и наружных поверхностях деталей двигателей, имеющих самые разнообразные конфигурации и размеры, откладываются лаковые и смолистые отложения,

накипь, а также нагар, образующийся в результате термического разложения масла – все это затрудняет процессы мойки и очистки деталей [11].

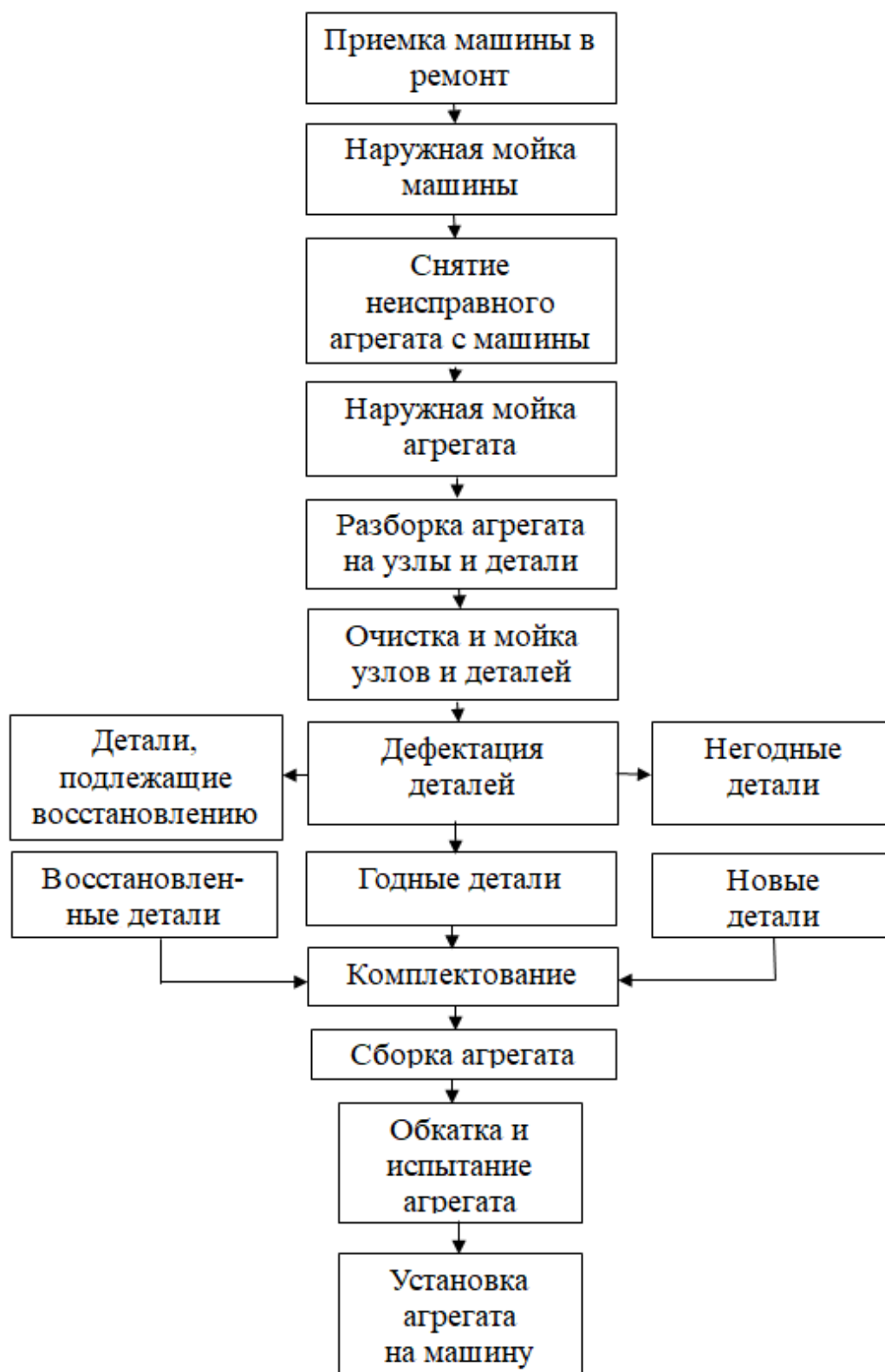


Рисунок 1.1 – Технологический процесс ремонта агрегатов автотракторной техники [113]

Технология ремонта автотракторной техники предусматривает удаление с поверхностей деталей различных загрязнений, которые по химическому составу подразделяются на неорганические (влага, пыль, продукты коррозии, остатки перевозимых грузов – минеральных удобрений, цемента, бетона и др.), органические (масла, остатки лакокрасочных материалов и пленок и т.д.) и смешанные (смешивание загрязнений, указанных в двух предыдущих группах).

По своему физическому состоянию все загрязнения делятся на мажеобразные, жидкие и твердые.

«В работающем двигателе горячее масло постоянно циркулирует и контактирует с воздухом, продуктами полного и неполного сгорания топлива. Кислород воздуха ускоряет окисление масла. Этот процесс происходит быстрее в маслах склонных к пенообразованию. Металлические поверхности деталей выступают в роли катализаторов процесса окисления масла. Масло нагревается, соприкасаясь с нагретыми деталями (в первую очередь, с цилиндрами, поршнями и клапанами), что значительно ускоряет процесс окисления масла. Результатом могут стать твёрдые продукты окисления (отложения).

На характер изменения масла в работающем двигателе оказывают влияние не только химические превращения молекул масла, но и продукты полного и неполного сгорания топлива, как в самом цилиндре, так и прорвавшиеся в картер» [136].

Можно выделить три вида углеродистых отложений на поверхностях нагретых деталей двигателя – это нагар, лаковые отложения и шлам.

«Нагар – это продукты термической деструкции и полимеризации масла и остатков топлива. Он образуется на сильно нагретых поверхностях (450°-950°С). Нагар имеет характерный черный цвет, хотя иногда может быть белого, коричневого или другого цвета [68]. Толщина слоя отложения периодически изменяется – когда отложений много, ухудшается отвод тепла, повышается температура верхнего слоя отложений и они сгорают. Меньшее количество отложений образуется в разогретом двигателе, работающем под нагрузкой. По структуре, отложения бывают монолитными, плотными или рыхлыми.

Нагар оказывает отрицательное влияние на работу и состояние двигателя. Отложения в канавках поршня вокруг колец препятствуют их движению и прижиманию к стенкам цилиндра (заклинивание, залипание, прихватывание колец. В результате заклинивания и затруднения движения колец, они не прижимаются к стенкам и не обеспечивают компрессию в цилиндрах, мощность двигателя падает, возрастает прорыв газов в картер и расход масла. Прижимание колец отложениями к стенкам цилиндра приводит к чрезмерному износу цилиндров.

Отложения на верхней части поршней полируют внутренние стенки цилиндров. Полировка препятствует удержанию и сохраняемости масляной пленки на стенках и значительно ускоряет скорость износа [70].

Тонкий слой твердого или клейкого углеродистого вещества от коричневого до черного цвета, который образуется на умеренно нагретых поверхностях вследствие полимеризации тонкого слоя масла в присутствии кислорода называется лаком. Лаком покрываются юбка и внутренняя поверхность поршня, шатуны и поршневые пальцы, стержни клапанов и нижние части цилиндров. Лак значительно ухудшает отвод тепла (особенно поршня), снижает прочность и сохраняемость масляной пленки на стенках цилиндров.

Отложения в камере сгорания образуются из частиц углерода (кокса), в результате неполного сгорания топлива и солей металлов входящих в состав присадок в результате термического разложения остатков масла попадающих в камеру. Эти отложения накаляются и вызывают преждевременное возгорание рабочей смеси (до появления искры). Такое зажигание называется преждевременным или калильным зажиганием. Это создает дополнительные напряжения в двигателе (детонация), что приводит к ускоренному износу подшипников и коленчатого вала. Кроме того, перегреваются отдельные части двигателя, снижается мощность, повышается расход топлива.

Отложения, скопившиеся вокруг электрода свечи, замыкают искровой промежуток, искра становится слабой, зажигание – нерегулярным. В результате этого снижается мощность двигателя и повышается расход топлива.

Смолы, шлам, смолистые отложения образуют осадки. В двигателе шлам образуется в результате:

- окисления и других превращений масла и его компонентов;
- накопления в масле воды или продуктов разложения и неполного сгорания топлива.

Смолистые вещества образуются в масле в результате его окислительных превращений (сшивания окисленных молекул) и полимеризации продуктов окисления и неполного сгорания топлива. Образование смол усиливается при работе недостаточно прогретого двигателя. Продукты неполного сгорания топлива прорываются в картер двигателя при продолжительной работе на холостом ходу или в режиме «стоп-старт». При высокой температуре и интенсивной работе двигателя, топливо сгорает полнее. Для уменьшения смолообразования в моторные масла вводятся диспергирующие присадки, которые предотвращают коагуляцию и осаждение смол. Смолы, углеродистые частицы, водяной пар, тяжелые фракции топлива, кислоты и другие соединения конденсируются, коагулируют в более крупные частицы и образуют в масле шлам, так и называемый черный шлам.

Шлам – это суспензия и эмульсия в масле из нерастворимых твердых и смолистых веществ от коричневого до черного цвета. Состав картерного шлама:

- масло 50-70%;
- вода 5-15%;
- продукты окисления масла и неполного сгорания горючего, твердые частицы – остальное.

В зависимости от температуры двигателя и масла, процессы шлагообразования несколько различаются. Различают низкотемпературный и высокотемпературный шлам.

Низкотемпературный шлам образуется при взаимодействии в картере прорывных газов, содержащих остатки топлива и воды, с маслом. В непрогретом двигателе вода и топливо испаряются медленнее что способствует образованию эмульсии, которая впоследствии превращается в шлам.

Образование шлама в картере является причиной:

- возрастания вязкости (загустения) масла;
- закупоривания каналов системы смазки;
- нарушение подачи масла.

Образование шлама в коробке распределительного механизма является причиной недостаточной вентиляции этой коробки. Образовавшийся шлам является мягким, рыхлым, однако при нагреве (при продолжительной поездке) становится твердым и хрупким.

Высокотемпературный шлам образуется в результате соединения между собой окисленных молекул масла под влиянием высокой температуры. Увеличение молекулярной массы масла приводит к повышению вязкости.

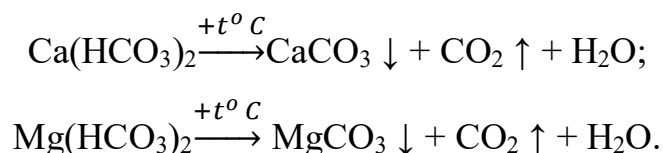
В дизельном двигателе образование шлама и увеличение вязкости масла вызывается накоплением сажи. Образованию сажи способствуют перегрузки двигателя и увеличение жирности рабочей смеси» [136].

«Вода, используемая в качестве охлаждающей жидкости в двигателях внутреннего сгорания (ДВС), имеет следующие недостатки:

- способствует отложению накипи на внутренних стенках элементов системы охлаждения;
- активизирует процессы коррозии металлов.

Это объясняется тем, что она содержит соли магния ( $MgCO_3$ ) и кальция ( $CaCO_3$ ) в растворенном виде.

При нагревании воды соли магния и кальция разлагаются с выделением углекислого газа и образованием твердого осадка карбонатов кальция и магния:



Эти осадки смешиваются с механическими примесями и на внутренней поверхности элементов системы охлаждения образуют накипь.

Накипь – это твёрдые отложения, которые образуются в результате выпадения солей кальция и магния из жесткой воды (жесткость воды

определяется содержанием в ней растворимых солей кальция и магния, выраженным в мг-экв/л). Накипь почти не растворяется в воде. Имеет высокие адгезионные свойства к внутренним поверхностям элементов системы охлаждения, в связи с чем без применения специальных средств ее удаление практически невозможно. Скорость его образования также зависит от температуры в системе охлаждения ДВС» [61].

«Накипь отлагается на стенках рубашки охлаждения блока цилиндров, головки блока, в водяном радиаторе и насосе. Она ухудшает тепловой режим двигателя (коэффициент теплопроводности накипи в 30-50 раз меньше коэффициента теплопроводности металла). Отлагаясь на поверхностях деталей, накипь ухудшает передачу тепла от нагретых поверхностей охлаждающей воде» [137].

Общая схема классификации загрязнений машин по физико-механическим свойствам дана в [113] (рисунок 1.2).

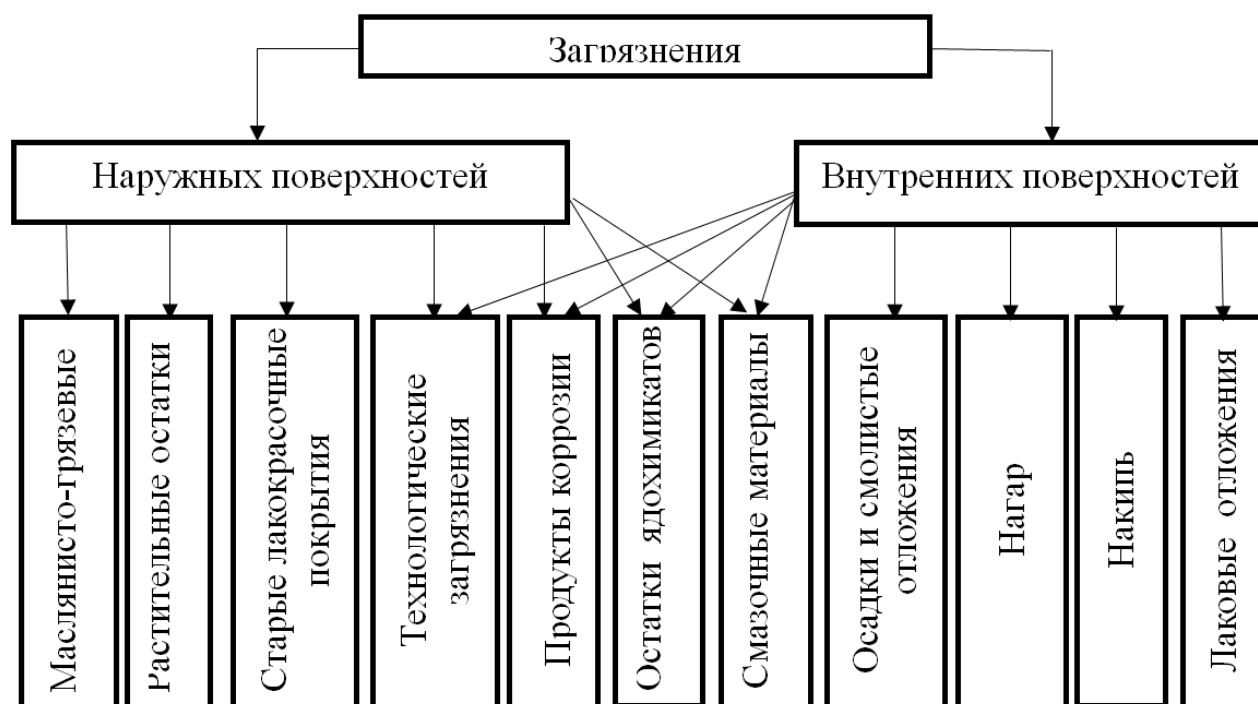


Рисунок 1.2 – Классификация поверхностных загрязнений деталей агрегатов



Классификация поверхностных загрязнений деталей агрегатов автотракторной техники по смачиваемости и источникам образования приведены на рисунках 1.3 и 1.4.



Рисунок 1.3 – Классификация поверхностных загрязнений деталей агрегатов автотракторной техники по смачиваемости

«На поверхности машин и их агрегатов при поступлении в ремонт имеются различные загрязнения, которые образуются в условиях эксплуатации и хранения. Наличие загрязнений снижает производительность труда, создает дополнительные неудобства и неточности при выполнении ремонтных работ, что приводит к снижению ресурса отремонтированных агрегатов машин» [61].



Рисунок 1.4 – Классификация поверхностных загрязнений деталей агрегатов автотракторной техники

## 1.2. Очистка и мойка деталей при ремонте автотракторной техники

«Мойка деталей в технологических процессах ремонта машин является строго обязательным и весьма трудоемким процессом и составляет около 10% от общей трудоемкости их ремонта, для этого каждый год расходуются огромное количество моющих средств и в этом процессе заняты огромные людские ресурсы» [61].

Вопросами совершенствования процессов очистки и мойки деталей автотракторной техники занимались и занимаются во многих НИИ и вузах страны: в Московском государственном аграрном университете (профессор Н.Ф. Тельнов с учениками) [77, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102], Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ (профессора Е.А. Пучин, А.Е. Северный, В.И. Черноиванов, Р.А. Серебряков, Л.А. Марченко, доценты Ю.С. Козлов, Ю.В. Катаев, О.Р. Ильясов, А.В. Минашкина, И.А. Субботин, С.А. Моренко, В.Н. Топорков, Н.Н. Гапеева и другие) [20, 29, 49, 50, 51, 52, 59, 60, 65, 73, 74, 78, 81, 82, 83, 93, 94, 104, 119], Рязанском государственном агротехнологическом университете им. П.А. Костычева (профессора Н.В. Бышов, И.А. Успенский, А.В. Шемякин, доцент И.В. Фадеев и другие) [6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 43, 44, 45, 46, 62, 66, 67, 105, 107, 108, 111, 113, 114, 116, 121, 125, 129], Московском автомобильно-дорожном государственном техническом университете (МАДИ) (член-корреспондент РАН В.М. Приходько, профессора В.И. Карагодин, М.Ю. Карелина) [31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 71], Воронежском государственном аграрном университете им. Императора Петра I (А.Д. Бровченко, Д.А. Григорьев, И.С. Киселев, И.С. Макаров, А.С. Вахидов [3, 12, 25, 47, 48, 57], Донском государственном техническом университете (профессор Н.С. Серпокрылов) [84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 128] и во многих других. Вопрос мойки и очистки деталей исследовался и в ряде диссертационных работ [11, 27, 30, 33, 42, 54, 58, 72, 95, 113, 117, 118, 121, 122, 123, 124 и другие]. В основном в этих исследованиях задачи повышения ингибиторных свойств растворов и повышения их моющих свойств решаются обособленно [1, 4, 5, 69].

Академик П.А. Ребиндер в работе [76] подчеркивает, «что применяемые в настоящее время технологии мойки деталей не совсем рациональны, так как они разработаны не на научной основе» [61].

В последние годы ученые Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева впервые начали комплексно решать задачи повышения и моющих, и ингибиторных свойств растворов [6, 7, 8, 9, 10, 14, 61, 62, 63, 64, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 122, 125].

«Работа машин в различных погодных и дорожных условиях сопровождается их загрязнениями. Поверхности нижних частей машин (шасси) обычно загрязняются глинистыми, песчаными, органическими и другими загрязнениями, которые образуют прочную пленку, затрудняющую проводить контрольно-осмотровые и другие работы, а также снижает эксплуатационные свойства и ресурс машин» [61].

«Важной задачей ремонтного производства является снижение трудоемкости, повышение качества и увеличение ресурса отремонтированных машин до 80% от ресурса новых. Одним из условий эффективного решения указанных задач является уровень развития технологии ремонтного производства и, в частности, очистных и моечных операций, составляющих значительную часть общей трудоемкости и оказывающих существенное влияние на качество ремонта» [11].

«Своевременный и качественный ремонт и техническое обслуживание способствуют улучшению показателей надежности, безотказности и долговечности автотракторной и другой техники. Очистка деталей существенно влияет на качество ремонта и технического обслуживания машин. По данным Государственного всесоюзного научно-исследовательского технологического университета ремонта и эксплуатации машинотракторного парка, из-за некачественной очистки деталей при ремонте недоиспользуется до 30% их ресурса. В связи с этим совершенствование технологического процесса очистки, разработка и применение более эффективного моечного оборудования

и технологических жидкостей, имеют немаловажное значение для поддержания техники в работоспособном состоянии» [11].

«Очистка металлических поверхностей от всевозможных загрязнений является сложной проблемой, успешное решение которой возможно лишь на основе глубоких научных исследований комплексного характера» [11].

Основные виды и динамика изменения парка сельскохозяйственных машин (СХМ) за 1990-2017 гг. в РФ, «который должен поддерживаться в работоспособном состоянии за счет технологических процессов технического обслуживания и ремонта, включающих операции мойки и очистки деталей, узлов и агрегатов» [113] приведены на рисунке 1.5.

«При капитальном ремонте агрегатов автотракторной техники удаляют следующие виды загрязнений: углеродистые отложения на деталях двигателя; маслянистые загрязнения деталей коробок передач, задних мостов и других агрегатов; пленки лакокрасочных покрытий; продукты коррозии черных и цветных металлов; накипь в системе охлаждения двигателей; прочие неорганические загрязнения – дорожная пыль и грязь, остатки перевозимых строительных материалов и др.» [137].

«Способ очистки деталей определяется видом (химический состав) и степенью загрязнения, материала и конфигурации деталей, программой производства и другими показателями, а также исходят из требуемой степени очистки и экономической эффективности» [14, 132].

На заводах капитального ремонта автотракторной и сельскохозяйственной техники применяются следующие способы очистки деталей: механические, электрохимические и физико-химические.

«Физико-химические способы удаления загрязнений с поверхности деталей дают более высокую степень очистки, ускоряют процесс и снижают стоимость очистки, уменьшают пожароопасность за счет применения негорючих моющих составов, улучшают условия труда» [138].

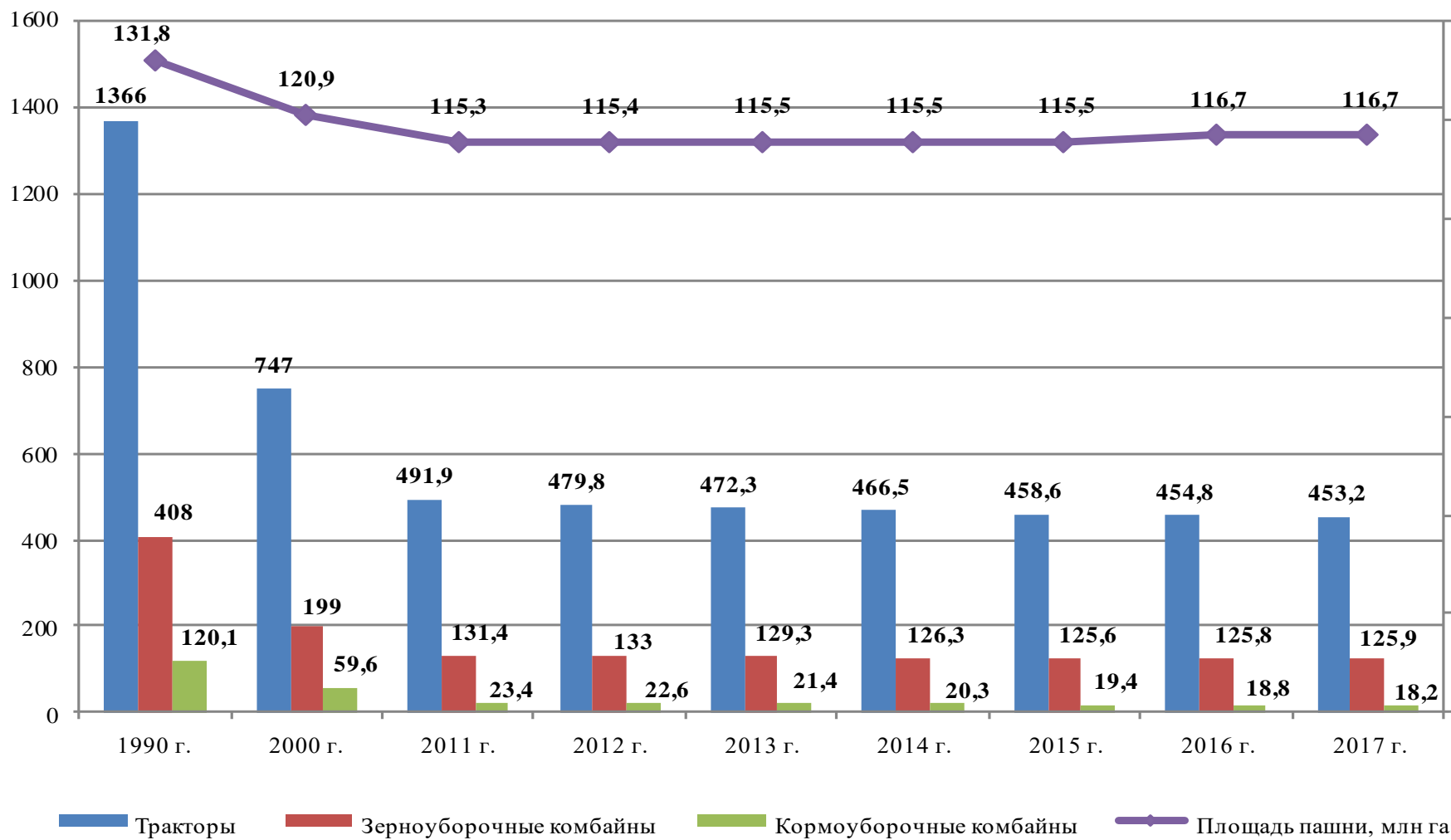


Рисунок 1.5 – Основные виды и динамика изменения парка СХМ за 1990-2017 гг. в РФ, тыс. единиц [131]

«Применяют следующие физико-химические способы очистки деталей: ультразвуковая очистка, электролитическая очистка, термическая очистка. Перспективны электроискровая щеточная очистка поверхностей деталей от продуктов коррозии, использование электрогидравлического эффекта для очистки деталей от неорганических загрязнений – пыли, дорожной грязи, остатков строительных материалов и т. д.

Ультразвук интенсифицирует процессы очистки деталей в несколько десятков раз. Достоинством ультразвуковой очистки по сравнению с другими является высокая чистота поверхности и деталей.

Большие преимущества ультразвуковой очистки заключаются также в компактности оборудования, в возможности очистки от разных видов загрязнений, в высокой культуре производства. Однако необходимость в высококвалифицированном техобслуживании является одной из причин, тормозящих распространение ультразвуковой очистки в ремонтном производстве.

Ультразвуковая очистка может применяться при мойке и очистке деталей системы питания и электрооборудования автотракторных двигателей для очистки коленчатых валов, шатунов, элементов масляных фильтров, трубопроводов и других деталей от углеродистых отложений, окалины, продуктов коррозии, маслянистых и других загрязнений.

Температура раствора при ультразвуковой очистке в пределах 70-80°C.

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

Электрохимическая очистка применяется для обезжиривания и травления деталей» [138].

«Углеродистые отложения удаляют следующими способами: обработка в органических растворителях и щелочных составах, термическая обработка, очистка фруктовой косточкой и металлическим песком и др. Выбирая способ очистки, принимают во внимание не только степень загрязнения деталей углеродистыми отложениями, но и наличие загрязнений других видов» [137].

При ремонте автотракторной техники детали загрязняются остатками технологических материалов, поэтому они должны быть удалены перед сборкой агрегатов, в противном случае технологические загрязнения усугубляют износ сопрягаемых деталей [133].

«Термическая очистка используется при удалении многих видов загрязнений: углеродистых отложений на деталях двигателей, старой окраски, смолистых отложений в трубопроводах гидравлической системы тормозов и т.д.

Детали нагреваются до температуры 600-650°C в газовых или электрических печах и выдерживаются при этой температуре. Оставшиеся продукты удаляются сжатым воздухом или щетками. Так очищают впускные и выпускные трубопроводы, крышки клапанных коробок и маслопроводы двигателей от углеродистых отложений.

К термическому способу следует отнести и очистку от окалины, ржавчины и накипи деталей в расплавах солей при температуре расплава 450°C. Состав – едкий натр и едкий калий в соотношении 2:1. Процесс очистки длится 20-30 минут. После выдержки в расплавленных солях детали промывают водой и нейтрализуют в 10%-м растворе фосфорной кислоты  $H_3PO_4$ » [138] (рисунок 1.6).

Выбор и проектирование технологического процесса очистки деталей машин обусловлены многими факторами, основными из которых являются вид и степень загрязнения, материал, вид термической обработки, тип защитных покрытий и свойства деталей; программа и уровень специализации производства; показатели унификации применяемого оборудования; обеспеченность производственными площадями и т. д.



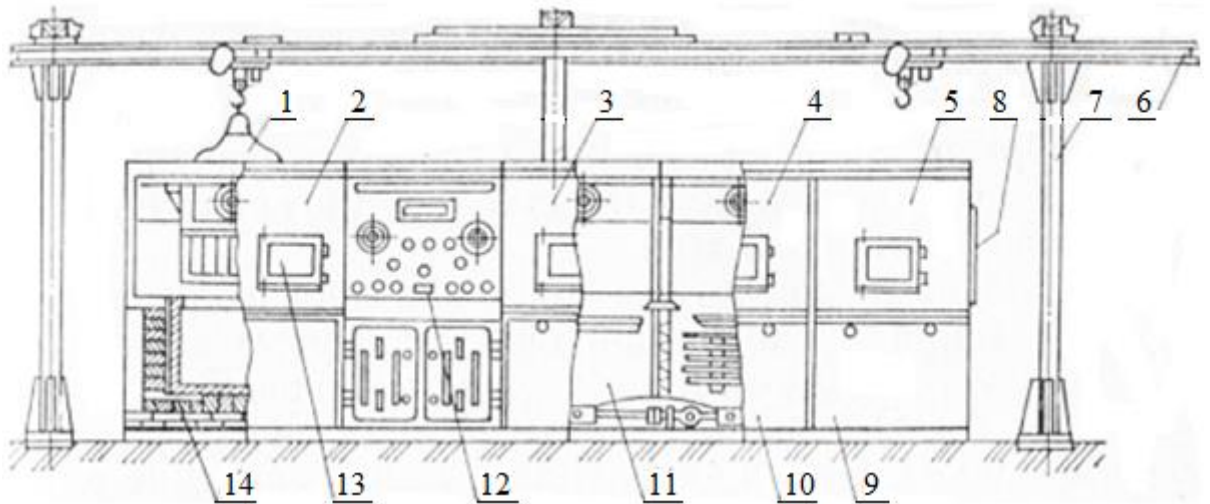


Рисунок 1.6 – Установка для очистки деталей в расплавах солей:  
 1 – контейнер; 2, 3, 4, 5 – защитные кожухи ванн; 6 – монорельсы с электротельферами; 7 – стойка; 8 – люк загрузочный; 9, 11 – ванны промывочные; 10 – ванна кислотная; 12 – пульт управления;  
 13 – люк смотровой; 14 – тигель

Технологический процесс должен строиться таким образом, чтобы не допустить нерационального увеличения номенклатуры моющих средств и типажа оборудования; обеспечить возможно полное использование моечных машин не только в течение рабочих смен, но и в нерабочее время, когда очистные операции можно осуществлять без участия работающих (выпарка, вымачивание и т.д.). Предпочтение следует отдавать менее энергоемким процессам. Отработанные растворы собираются, отстаиваются, фильтруются и очищаются для повторного использования.

Основными требованиями, которым должны удовлетворять выбранные технологические процессы очистки деталей в условиях ремонтного производства, являются: высокое качество очистки поверхности деталей от загрязнений; унификация применяемого оборудования и универсальность процесса очистки, т.е. возможность удаления различных видов загрязнений; низкая трудоемкость процесса; экономичность; обеспечение безопасных условий труда.

Обследование поступающих в ремонт машин показывает, что степень их загрязнений predetermined конструктивно-эксплуатационными свойствами и назначением, условиями эксплуатации и технического обслуживания машин. Наиболее тяжелыми для очистки деталей, являются такие загрязнения, как дорожно-почвенные отложения, маслянистые, нагары, накипь и коррозия.

Большинство деталей машин подвергается смешанным загрязнениям: маслянисто-грязевые отложения, нагар и накипь у деталей двигателей, дорожно-почвенные отложения, продукты коррозии и старая краска у деталей ходовой части, рам, кабин и кузовов и т. д. Это создает трудности при разборке и последующем ремонте машин, затрудняет восстановление загрязненных деталей. Одной из причин, например, пористости наплавленных шеек коленчатых валов является недостаточная очистка масляных каналов и грязесборников.

Каждый из рассмотренных видов загрязнений отличается своеобразием свойств и для удаления требует специфических приемов. Стремление ограничиться каким бы ни было одним универсальным способом не дает желаемого результата. Многообразие деталей по их конструктивно-технологическим свойствам, видам и степени загрязнений требует дифференцированного подхода к построению технологического процесса. Наилучший эффект достигается рациональным применением не одного, а нескольких способов, т.е. комплексным или многостадийным методом очистки.

Очистные операции должны выполняться в едином процессе разборки машин, восстановления деталей и сборки. На первых операциях должны удаляться дорожно-почвенные отложения, затем маслянистые загрязнения, нагары и асфальто-смолистые отложения, накипь, старая краска и продукты коррозии.

В последнее время предпочтение отдается процессам, в основе которых используется очистка погружением в раствор на основе роторных и им подобных машин. Экономически целесообразно создание поточных конвейерных линий очистки деталей с использованием роботов [134].

### 1.3 Оборудование и средства для очистки и мойки деталей

Мойка и очистка деталей относятся к наиболее трудоемким операциям технологических процессов ТО и ремонта автотракторной техники, поэтому операции мойки и очистки деталей необходимо максимально механизировать.

Очистку деталей можно производить соскабливанием, используя ручные (скребки, щетки) и механизированные инструменты (электро-шлифовальные машинки), или удалением загрязнений, воздействуя на них с помощью струй, включающих различные материалы.

Очистку также можно производить в вибрирующих контейнерах и галтовочных барабанах.

Ручную очистку применяют для удаления загрязнений с таких деталей, где применение механизированной очистки невозможно, например, при очистке канавок поршневых колец.

На возможность применения механизированной очистки влияет сложность и форма детали. В качестве механизированного инструмента можно использовать электрическую дрель с насадкой-щеткой, барабаны с различными абразивными материалами, куда укладывают загрязненные детали и т.п. обеспечивают элементарную механизацию процесса очистки деталей.

Очистка с помощью струй предусматривает использование водоструйной (гидродинамической), гидроабразивной, пескоструйной очистки и очистки косточковой крошкой.

Гидродинамическая очистка (с использованием струи высокого давления) в основном применяется для наружной мойки автотракторной техники. Струя воды высокого давления разрушает когезионные и адгезионные связи загрязнения с очищаемой поверхностью [53].

Мойка деталей агрегатов автотракторной техники перед их ремонтом осуществляется различными способами [113] (рисунок 1.7).

Требованиям очистки деталей при ремонте двигателей автотракторной техники полнее соответствуют струйные моечные машины, которые на рынке

оборудования нашей страны предлагаются следующими производителями: Georg Render (Германия), SME, Magido, Cemastir Lavametalli CEEVER, (Италия), Guyson (Англия), Szakal FEM (Венгрия) и другими.



Рисунок 1.7 – Способы мойки

деталей агрегатов автотракторной техники в процессе ремонта [113]

«Принцип работы моечных машин струйного типа следует из определения – орошение струями нагретого (до 60-950°С) моющего раствора агрегатов (деталей), вращающихся на корзине. В основу работы метода очистки положено комплексное взаимодействие способов – механического (гидродинамическая сила струй) и физико-химического (моющие средства). Отсюда и общая для машин такого типа конструктивная схема: моечная камера, насос (насосы), блок управления (и электрический шкаф). В моечной камере помимо бака с моющим раствором располагается корзина для деталей, гидранты с форсунками, через которые впрыскивается моющий раствор, электронагревательные элементы для нагрева моющего раствора» [139].

Преимущество струйного способа мойки:

- универсальность для мойки различных деталей и узлов;
- высокая производительность мойки;
- небольшой расход воды;
- низкая удельная энергоемкость;
- простота конструкции и использования;
- возможность использования различных технологических режимов мойки.

«Основными параметрами, которые характеризуют струйную мойку, являются: температура моющего раствора (воды); расход воды; динамическое давление струи; используемые моющие средства» [61].

«Повышение температуры воды приводит к уменьшению адгезионно-когезионных связей внутри загрязнения и с поверхностью машины. Температура воды выбирается в зависимости от вида и состава загрязнений, материала очищаемой поверхности, требований к качеству очистки» [130].

«Динамическое давление струи воды является важнейшим показателем, определяющим ее моющую способность, величина которого зависит от формы струи, расхода моющей жидкости, давления насоса, расстояния до омываемой поверхности машины.

Чем больше расход моющей жидкости, тем значительно увеличивается сила удара ее струи. Вода относится к ценным природным богатствам, поэтому добиваться увеличения силы удара струи желательно не за счет увеличения расхода воды, а за счет повышения давления ее истечения из сопла, так как при повышении давления возрастает сила удара струи.

Сила удара струи увеличивается также при уменьшении расстояния до очищаемой поверхности» [61].

«С ростом давления перед насадкой производительность насоса увеличивается. Наибольший расход воды наблюдается при использовании пистолета-распылителя. При давлении 140-150 Па расход воды достигает 16 л/мин и превышает расход воды при использовании турбонасадок на 14-28 %.

Высокая адгезия загрязнений, сложная конфигурация поверхностей обуславливают необходимость использования моющих средств» [61].

В технологических процессах ремонта автотракторной техники наиболее используемыми являются следующие установки и машины для мойки деталей:

1) установка модели М-205 (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 – Установка модели М-205

#### «Техническая характеристика

Привод	пневматический
Тип	стационарный с маятниковым движением платформы
Емкость, л	150
Габаритные размеры установки, мм	3150×2300×2020
Габаритные размеры моечной камеры, мм	1570×1100×1200
Объём раствора в моечной ванне 1,5 м <sup>3</sup> , мм	970×600×600
Масса, кг	950

Предназначена для мойки крупногабаритных деталей массой до 500 кг (блок цилиндров двигателей ЯМЗ-236, 238, 240; КамАЗ-740; ГАЗ и т.д.) и мелких деталей при размещении их в корзине в водных растворах технических или синтетических моющих средств при температуре 80°С. Эксплуатируется в помещениях с температурой воздуха не ниже +5°С» [140].

2) моечная машина АМ1400 АК (Россия) (рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 – Моечная машина АМ1400 АК

«Техническая характеристика [61]

Диаметр корзины, мм		1400
Грузоподъемность корзины, кг		400
Частота вращения корзины, об/мин		5-10
Габаритные размеры установки, мм		1420×1550×1600
Мощность насоса, кВт		2×2,2
Высота рабочего пространства, мм		750
Напряжение питания нагревательного элемента, В		380
Мощность нагревательных элементов, кВт		3×3,15
Материал корпуса	нержавеющая	сталь толщиной 2,0 мм
Мощность суммарная, кВт		14,00
Привод движения корзины		электромеханический
Масса, кг		400
Объем моющего раствора, л		370
Время нагревания раствора от 14°С до 90°С, мин		120» [61]

3) установка модели «SimplexBig» (рисунок 1.10).



Рисунок 1.10 – Установка модели «SimplexBig»

«Это установки с автоматической отмывкой деталей, с выдвижной поворотной рабочей платформой и стационарными распылительными рампами.

Используются для обезжиривания деталей различных размеров в автоматическом режиме. Панель управления состоит из экрана и сенсорных кнопок, с помощью которых можно выставить температуру в резервуаре, время обработки, видеть и слышать аварийные сигналы и ошибки. Отмывка происходит благодаря встроенной поворотной верхней «П»-образной распылительной рампе с соплами. Медленное вращение платформы осуществляется мотором-редуктором с предельным значением крутящегося момента» [61].

Конструкции большинства моечных машин и установок имеют много общего: поворотный стол для загрузки деталей, совершающим 1,5 оборотов в минуту, форсунки для подачи под высоким давлением на детали моющей жидкости, продолжительность мойки деталей от 2 до 14 минут, зависящая вида и степени загрязнений, концентрации моющего средства в растворе и ее температуры.



«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 синтетических моющих средств.

Для мойки деталей и составных частей машин широко пользуются методом погружения в выварочных ваннах. Возбуждение моющего раствора в выварочных ваннах происходит весьма пассивно, в основном за счет конвекционного движения раствора, определяемого разностью температуры раствора в емкости ванны, что является недостатком выварочных ванн.

Для повышения интенсивности контактирования объектов мойки с моющей жидкостью в ваннах жидкость возбуждают различными способами: используя колеблющуюся платформу, лопастные гидравлические винты, ультразвук, вибрация и др.

Увеличение возбуждения моющей жидкости можно добиться также, подавая в ванну с жидкостью пара или сжатого воздуха. Однако, этот процесс понижает температуру раствора, и в выемках деталей сложной конфигурации могут образоваться воздушные пузыри, которые исключают контакт моющего раствора от очищаемой поверхности. Конденсирующая из пара влага, увеличивая объем воды в растворе, снижает концентрацию моющего средства в растворе. В связи с вышеизложенным более эффективно использование для этих целей насосов и винтов» [61].

«В моечной машине для мойки мелких деталей вибрационным способом (рисунок 1.11) барабан (2) тороидного типа смонтирован на верхней части корпуса (7) на пружинах (4). Контейнер жестко связан с дебалансным механизмом (5), а через гибкий привод с электромотор (6). Детали загружают через съемную крышку (1), а выгружают через люк (3). При пуске электродвигателя дебалансный механизм сообщает контейнеру сложные колебательные движения. Подогретый моющий раствор подается на детали насосом (10), протекает через решетку (11) на дно контейнера и снова сливается

самотеком в бак. Длительность очистки 8-10 минут. Амплитуда и частота колебаний контейнера и активное перемещение деталей регулируются подбором грузов дебалансного устройства. Степень очистки деталей и производительность такой моечной машины высокие» [75].

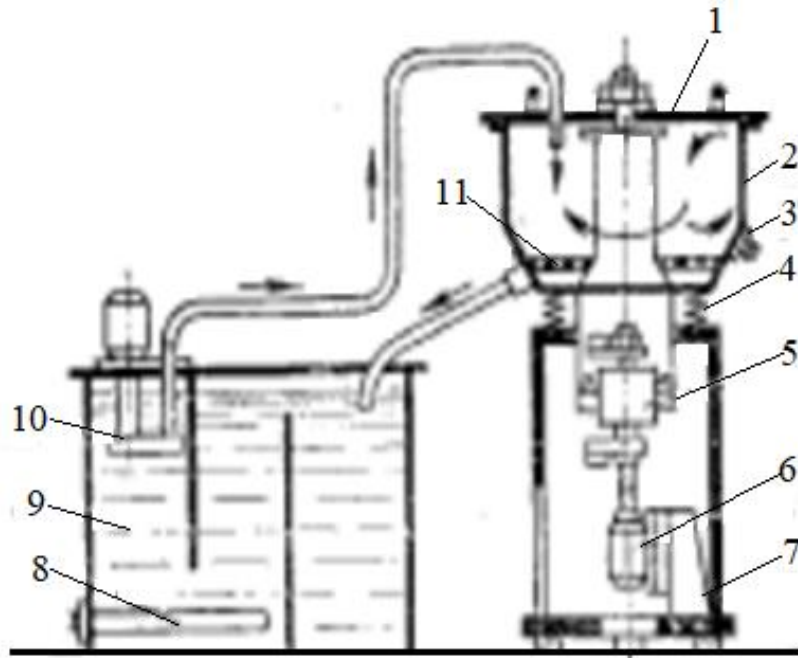


Рисунок 1.11 – Вибрационная моечная машина для мойки мелких деталей:  
 1 – крышка съемная; 2 – барабан; 3 – люк выгрузки деталей; 4 – пружины;  
 5 – механизм дебаланса; 6 – электромотор; 7 – корпус; 8 – электронагреватель;  
 9 – бак; 10 – насос

Загрязнения деталей создают серьезную проблему при ремонте двигателей, так как они отрицательно влияют на качество контроля и дефектации деталей, снижают точность механической обработки деталей и сборки, культуру и производительность труда, а также межремонтный ресурс двигателей.

Согласно [23], «остаточная загрязненность поверхностей очищаемых изделий, поступающих на дефектацию и сборку, может иметь следующие предельные значения, зависящие от шероховатости:

- 1,25 мг/см<sup>2</sup> – при  $R_z$  до 10 мкм;
- 0,70 мг/см<sup>2</sup> – при  $R_a = 2,5-0,63$  мкм;
- 0,25 мг/см<sup>2</sup> при  $R_a = 0,63-0,16$  мкм» [23].

Моечное оборудование на сегодняшний день имеет достаточно широкий ассортимент. Они подразделяются на струйные, погружные и мониторные.

При наружной мойке автотракторной техники используется обычная вода. Для повышения эффективности мойки в качестве моющей жидкости могут использоваться растворы синтетических моющих средств (СМС).

«Мойка деталей машин в моечных камерах и установках выполняется с использованием растворов специальных моющих средств определенной температуры. Загрязненные детали размещаются в специальные вращающиеся корзины внутри моющей машины. Струя моющего раствора через форсунки под высоким давлением, воздействуя на загрязнения деталей, очищает их» [61].

Состав СМС, наиболее применяемых для мойки деталей автотракторной техники в настоящее время, приведен в таблице 1.1.

«Водные растворы СМС технического назначения допускают очистку деталей как из черных, так и из цветных металлов без заметной коррозии. Детали и сборочные единицы, подлежащие непродолжительному хранению (10-15 суток), не нуждаются в дополнительной противокоррозионной обработке после очистки водными растворами СМС, т.к. эти средства обладают ингибирующим эффектом» [61].

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) входят в состав всех СМС. Являясь основным компонентом СМС, они ослабляют адгезионно-когезионные связи частиц загрязнений и обеспечивают лучшую смачиваемость поверхностей деталей. Повышение активности ПАВ наблюдается при применении карбонатов  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , силикатов  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  и фосфатов натрия  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ .

«Средство «Темп-100» предназначено для удаления различных загрязнений при ТО и ремонте тракторов, автомобилей, сельхозмашин, их агрегатов и деталей от масляных и асфальто-смолистых загрязнений, СОЖ, окислов, сажи-углеродистых, атмосферных и эксплуатационных загрязнений в моечных установках струйного типа, для обезжиривания деталей, оборудования, стальных, чугунных, алюминиевых, никелированных,

кадмированных, окрашенных, резиновых, пластмассовых поверхностей перед операциями сборки, нанесения лакокрасочных, гальванических и других покрытий, для расконсервации поверхностей черных и цветных металлов» [61].

Таблица 1.1 – Состав СМС, наиболее применяемых для мойки деталей автотракторной техники, в % по массе [113]

Компоненты моющих средств	Марка моющих средств									
	МС-6	МС-8	МС-15	МС-17	Лабомид-101	Лабомид-203	МЛ-51	МЛ-52	Темп-100	Темп-100А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тринатрийфосфат $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	–	–	–	–	–	–	34,5	30	20	20
Кальцинированная сода $\text{Na}_2\text{CO}_3$	40	38	44-42	40	50	50	44	50	40,5	40,5
Метасиликат натрия	29	29	28	28	16,5	10	–	–	20	20
Синтанол ДС-10	6	–	–	–	3,5	8	–	–	1,5	1,5
Триполифосфат натрия $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	25	25	22	26	30	30	–	–	15	15
Карбамид	–	–	–	–	–	–	–	–	2,5	2,0
Алкисульфаты	–	–	–	–	–	2	–	–	–	–
Синтаמיד-5	–	8	–	–	–	–	–	–	–	–
Нитрит натрия	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,3
Гексаметилен- диамин	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,2
Синтаמיד-510	–	–	–	4	–	–	–	–	–	–
Оксифос-Б	–	–	6-8	–	–	–	–	–	–	–
Жидкое стекло $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$	–	–	–	–	–	–	20	10	–	–
Оксифос КД-6	–	–	–	–	–	–	–	–	0,5	0,5
Сульфанол НП-1	–	–	–	–	–	–	–	1,8	–	–
Смачиватель ДБ	–	–	–	–	–	–	1,5	8,2	–	–

«Примечание: Лабомид – лаборатория очистки машин и деталей; МС – моющее средство (разработка МИИСП); Темп – технический моющий препарат» [113]

«Основные свойства «Темп-100»:

- обработка черных, цветных металлов и их сплавов;
- эффективно для обработки алюминия;
- обладает низким пенообразованием;
- защищает поверхность от коррозии на период межоперационного хранения;
- обладает хорошей деэмульгирующей способностью;
- нетоксично, пожаробезопасно, биоразлагаемо.

СМС Темп выпускается трех модификаций – Темп-100Д марка А, Темп-100Д марка Б и Темп-200Д, который отличается более высоким содержанием ПАВ и высокой степенью очистки сильно загрязненных поверхностей.

Рекомендуемые условия применения:

Темп-100Д марка А, Б применяются в машинах струйного типа:

- температура рабочего раствора – 50-90 С;
- концентрация рабочего раствора – 5-10 г/л;
- время обработки – 2-5 мин.

Темп-200Д применяется в машинах погружного типа:

- температура рабочего раствора – 50-90 С;
- концентрация рабочего раствора – 15-30 г/л;
- время обработки – 10-20 мин.

Темп-100 – сыпучий порошок от белого до светло-желтого цвета. Его состав приводится в таблице 1.1.

Его эффективность особо проявляется при струйной мойке загрязненных узлов и агрегатов, удаляя смолистые отложения и масляные загрязнения, что способствует повышению производительности труда и качества работ при разборке агрегатов и дефектации деталей. Растворы Темп-100 в сочетании с загрязнениями образуют нестабильную легко расслаиваемую эмульсию. Легкие загрязнения всплывают на поверхность раствора, а тяжелые оседают на дно ванны, благодаря этому, моющий раствор возможно использовать несколько раз.

Обычно концентрацию Темп-100 в растворе поддерживают в пределах 5-10 г/л, а температуру – 70-90°C. В его раствор всегда вводится ингибитор для повышения его противокоррозионных свойств. Темп-100 позволяет сократить время мойки деталей на 20-30% в сравнении с другими СМС, обеспечивая при этом такое же качество мойки. На основе препарата Темп-100 разработаны другие его модификации, это Темп-101А, Темп-101Д. Использование этих препаратов 1,5 раза повышает противокоррозионную стойкость вымытых деталей (до 8 дней) в сравнении с другими СМС. Препарат Темп-101Д в своем составе имеет полиэлектrolит, который может разрушать масляные эмульсии.

Все перечисленные в таблице 1.1 СМС биологически разлагаются при сливе в общую канализацию. С их использованием возможна мойка деталей и из легких сплавов, и из цветных, и из черных металлов. При этом после мойки деталей промывать их чистой водой не нужно.

Все применяемые в настоящее время СМС имеют определенные недостатки: невысокая скорость очистки, низкие моющие и ингибиторные свойства, низкая степень очистки при удалении асфальто-смолистых отложений, большая энергоемкость мойки при их использовании и другие» [61].

В 2021 г. в РГАТУ им. П.А. Костычева с целью повышения моющих и противокоррозионных свойств СМС на базе Темп-100 был разработан более эффективный состав моющего средства, включающий добавку тетрабората аммония (ТБА) в количестве 5 г/л [61]. В связи с этим в своей работе в качестве моющего состава мы применяем средство Темп-100 с добавкой ТБА в количестве 5 г/л, а в качестве моющего раствора – 7%-й водный раствор этого средства.

#### **1.4 Выводы по главе 1**

1. В реальных условиях эксплуатации и хранения автотракторная техника подвергается отложению на ее поверхностях различных загрязнений, основной причиной которого является окружающая среда (влажность воздуха,

химические и механические загрязнения атмосферы, перепады температуры воздуха и др.).

2. Загрязнения можно разделить на два вида: загрязнения внутренних и наружных поверхностей. Загрязнения можно классифицировать по химическому составу (неорганические, органические, смешанные), по характеру процессов в них, по источникам образования, по смачиваемости, а также разделить их на нагары, лаковые отложения и осадки (для ДВС).

3. Ремонт автотракторной техники включает наружную мойку агрегатов и мойку отдельных деталей. Качественная мойка повышает производительность и качество ремонтных работ, культуру труда и снижает затраты.

4. Из всех имеющихся способов мойки деталей автотракторной техники (струйный, в моечных камерах, погружением в ванну с моющим раствором и др.) наиболее предпочтительным и используемым является струйная мойка.

5. Наиболее применяемыми для мойки деталей автотракторной техники в настоящее время на предприятиях АПК Рязанской области является СМС «Темп-100» (ТУ 2149-133-10968286-2001), недостатком которого является недостаточно эффективные моющие свойства. С учетом этого в своей работе в качестве моющего средства мы применяем более эффективное средство «Темп-100» с добавкой ТБА в количестве 5 г/л, разработанное в РГАТУ им. П.А. Костычева [61], а в качестве моющего раствора – 7%-й водный раствор этого средства.

**Цель** исследования – повышение эффективности мойки деталей при ремонте агрегатов автотракторной техники в сельском хозяйстве.

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

1. Изучить и определить возможность повышения ресурса двигателей автотракторной техники совершенствованием технологического процесса мойки деталей при их ремонте.

2. Повысить степень очистки деталей от загрязнений путем совершенствования активации моющего раствора.

3. Провести экспериментальные исследования по установлению закономерностей влияния продолжительности мойки при различных способах активации моющего раствора на изменение степени очистки деталей от загрязнений. Обосновать рациональную продолжительность мойки при различных способах активации моющего раствора. Экспериментально определить наиболее эффективный способ активации моющего раствора.

4. Проверить результаты лабораторных исследований в производственных условиях и провести их технико-экономическую оценку.



## ГЛАВА 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОЙКИ ДЕТАЛЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

### 2.1 Анализ факторов, влияющих на ресурс отремонтированной техники

Задача ремонтного производства сельскохозяйственных предприятий – повышение межремонтного ресурса автотракторной техники. Формирование Уровня межремонтного ресурса агрегатов (двигателя) формируют факторы, представленные на рисунке 2.1.

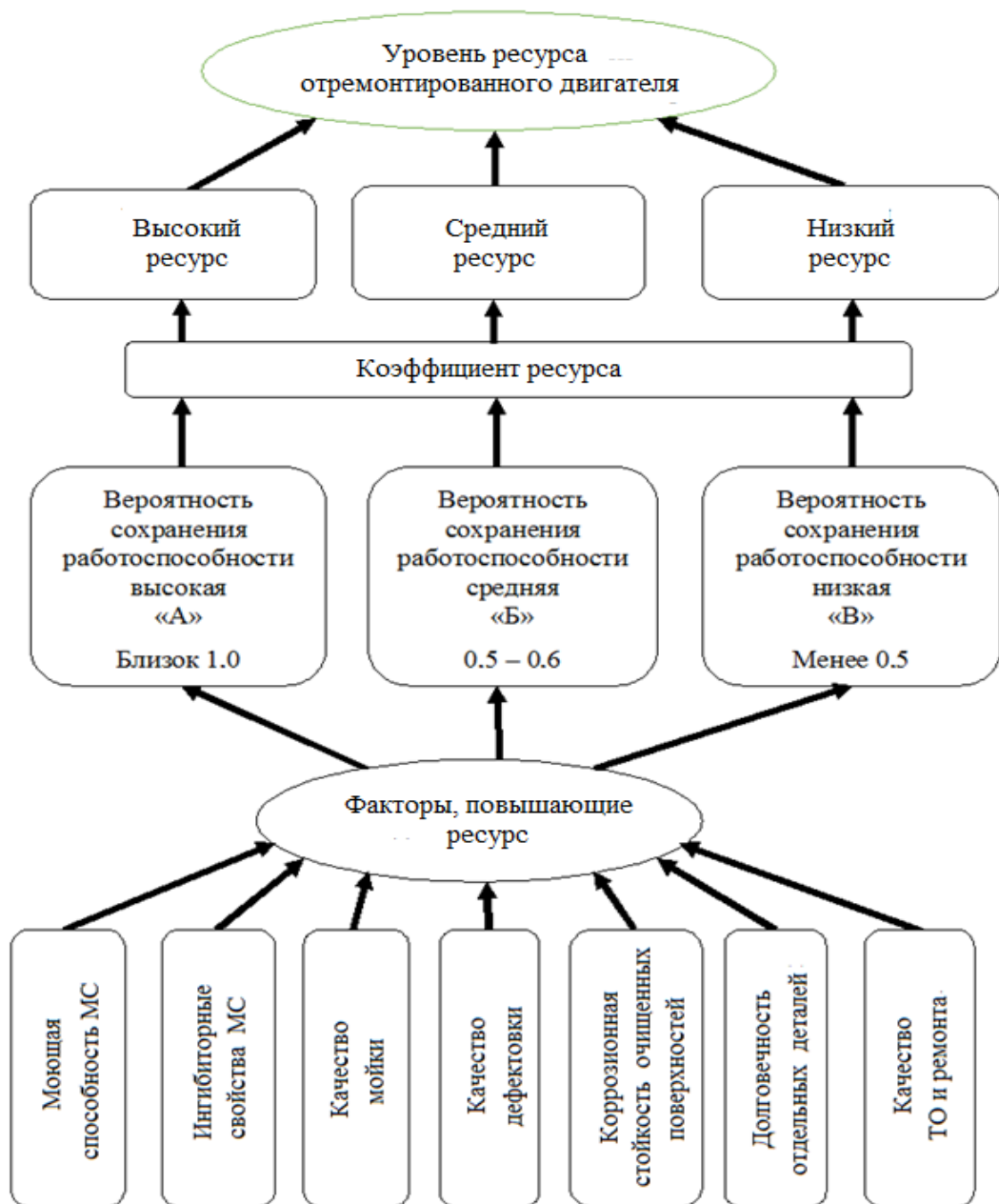


Рисунок 2.1 – Факторы, формирующие уровень межремонтного ресурса агрегатов (двигателя) автотракторной техники

Влияние элементов (факторов) технологического процесса ремонта на межремонтный ресурс агрегатов автотракторной техники запишется в виде функциональной зависимости:

$$PES = f(MC; IS; OC; DEF; ST; P; TOP), \quad (2.1)$$

где MC – моющая способность раствора;

IS – ингибирующая способность раствора;

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

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

ST – коррозионная стойкость деталей;

P – ресурс отдельных деталей;

TOP – качество ТО и ремонта.

«Повышение ресурса машины – это вопрос, над которым работают ученые и специалисты сельскохозяйственного машиностроения, т.к. у зарубежных машин, как показывает практика, ресурс в 1,5-2 раза выше, чем у отечественных машин» [61].

Как видно из рисунка 2.1 и выражения 2.1, «одним из путей, определяющих увеличение ресурса автотракторной техники, можно назвать совершенствование технологического процесса мойки деталей» [61].

Так, совершенствование активации раствора при мойке деталей двигателей Д-245.7 автомобилей ГАЗ-3309 в процессе их ремонта, увеличивает ресурс двигателей Д-245.7 на 4,6%. Это обусловлено тем, что при колебательном движении корзины на частицу загрязнения кроме сил гравитации действуют силы инерции, которые в конце каждого хода колебания корзины увеличивают силу, отрывающую частицу загрязнения от поверхности детали. Это способствует повышению качества мойки, следовательно, и дефектовки деталей, что в конечном итоге обеспечивает высокое качество ремонтных работ в целом.

«Строгое соблюдение периодичности проведения, выполнение полного перечня работ по видам ТО и ремонта, применение прогрессивных технологий обязательно для поддержания и повышения ресурса машин» [61].

В данной работе нами доказано, что совершенствование процесса мойки деталей активацией раствора применением колебательного движения корзины способствует повышению ресурса агрегатов автотракторной техники.

## 2.2 Теоретическое обоснование влияния совершенствования активации раствора на эффективность мойки деталей

«Основной причиной снижения ресурса автотракторной техники является износ ее деталей. Для предупреждения износа сопряжений путем своевременного проведения смазки, регулировочных работ и замены быстроизнашивающихся деталей, для поддержания машины в работоспособном состоянии и восстановления ее технических характеристик устанавливаются ТО и ремонт» [61].

«Техническое обслуживание; ТО: комплекс организационных мероприятий и технических операций, направленных на поддержание работоспособности (исправности) объекта и снижение вероятности его отказов при использовании по назначению, хранении и транспортировании» [22].

«Этот процесс включает в себя диагностирование всех систем машины и выявление малейших неисправностей. Регулярное ТО машин с использованием современной аппаратуры позволит значительно повысить ресурс машин и их агрегатов» [61].

«Основные виды ТО:

– плановое ТО (другие отраслевые названия: профилактическое, регламентированное) – техническое обслуживание, постановка на которое осуществляется в соответствии с требованиями документации;

– внеплановое ТО (другие отраслевые названия: корректирующее, нерегламентированное) – техническое обслуживание, постановка на которое осуществляется без предварительного назначения по техническому состоянию» [22].

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

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

ТО выполняется на самих предприятиях АПК или АТК, или на специализированных предприятиях. С целью предупреждения неисправностей и отказов автотракторной техники или его агрегатов на сельскохозяйственных и автотранспортных предприятиях проводят профилактические мероприятия ТО, включающие диагностирование, сезонное обслуживание (СО), мойку и очистку» [61].

«Ремонт: Комплекс технических операций и организационных действий по восстановлению исправного или работоспособного состояния объекта и восстановлению ресурса объекта или его составных частей» [22, 103].

«Ремонт включает локализацию, диагностирование, устранение неисправности и контроль функционирования.

Ремонты подразделяются на плановые и внеплановые:

– плановый ремонт – ремонт, выполняемый по плану в соответствии с требованиями документации. Плановые ремонты по объему выполняемых работ, трудоемкости и периодичности проведения подразделяются на текущие, средние и капитальные.

– внеплановый ремонт – ремонт, не предусмотренный планом. Внеплановые ремонты могут быть обусловлены отказом объекта, появлениями повреждений (неисправностей), нарушением правил технической эксплуатации. Внеплановые ремонты подразделяются на аварийно-восстановительные и ремонты по состоянию» [22].

«В зависимости от назначения, характера выполняемых работ и их объема ремонт бывает текущим (ТР) и капитальным (КР), при этом проводят КР и ТР машины, а также КР и ТР двигателя.

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

ТР может выполняться на самих предприятиях АПК и АТК, или специализированных сервисных и ремонтных предприятиях. При проведении

ТР могут быть заменены отдельные поврежденные или изношенные детали агрегатов. Замена базовых деталей при проведении ТР не предусмотрена.

Ресурс агрегата и возможность дальнейшей эксплуатации определяются состоянием и ремонтпригодностью базовой детали» [61].

«КР двигателя автотракторной техники предусматривает выполнение уборочно-моечных, контрольно-дефектовочных, контрольно-диагностических и регулировочных, крепежных, смазочно-заправочных и разборочно-сборочных, слесарно-механических и окрасочных работ» [61], влияние которых на межремонтный ресурс и сохраняемость двигателя представим в таблице 2.1 [113].

Таблица 2.1 – Влияние работ по КР на ресурс и сохраняемость двигателя, в баллах [113]

Наименование работ	Влияние на	
	ресурс	сохраняемость
Уборочно-моечные	3	3
Контрольно-дефектовочные	3	1
Контрольно-диагностические и регулировочные	3	1
Крепежные	3	1
Смазочно-заправочные	3	2
Разборочно-сборочные	3	1
Слесарно-механические	3	2
Окрасочные	2	2

Примечание: «1», «2», «3» – незначительное, среднее, максимальное влияние соответственно

Из таблицы 2.1 видно, что уборочно-моечные работы (УМР) в сравнении с другими работами имеют максимальное влияние на ресурс и сохраняемость двигателя, что доказывает необходимость совершенствования операций УМР с целью повышения межремонтного ресурса и сохраняемости двигателей автотракторной техники.

Качество ремонта определяет ресурс агрегата и машины в целом, которое в свою очередь определяется технологическими и организационными факторами (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Факторы, влияющие на качество ремонта и ресурс агрегатов

К технологическим факторам относится совершенствование и повышение эффективности технологических процессов ремонта автотракторной техники, что предусматривает совершенствование и повышение эффективности процесса мойки деталей. Эту задачу можно реализовать совершенствованием активации раствора для мойки деталей при ремонте агрегатов, применяя колебательное движение корзины с загрязненными деталями, механизм которого разработан в настоящей работе.

«Общая трудоемкость технологического процесса ремонта агрегата (двигателя) машины  $t_{общ.}$  равна сумме трудоемкостей отдельных операций [55] (рисунок 2.3).

$$t_{общ.} = t_{сн} + t_{н.м.} + t_{разб.} + t_{м.д.} + t_{деф.} + t_{комп.} + t_{сб.} + t_{обк.} + t_{уст.}, \quad (2.2)$$

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

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

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

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

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

$t_{комп.}$  – трудоемкость комплектования;

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

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

$t_{уст.}$  – трудоемкость установки двигателя на машину» [61].

Из формулы 2.2 видно, что общая трудоемкость ремонта двигателя автомобиля при использовании для мойки его деталей вновь разработанного более эффективного способа активации моющего раствора будет существенно снижена, т.к. трудоемкости таких операций, как очистка и мойка, дефектация деталей двигателя будут снижаться, в первую очередь, за счет сокращения трудоемкости мойки и дефектации, а также повышения производительности труда при сборочных работах

Удельная трудоемкость ремонта двигателя также снижается в связи с увеличением на 4,6% межремонтного ресурса автомобиля при мойке деталей вновь разработанной технологией.

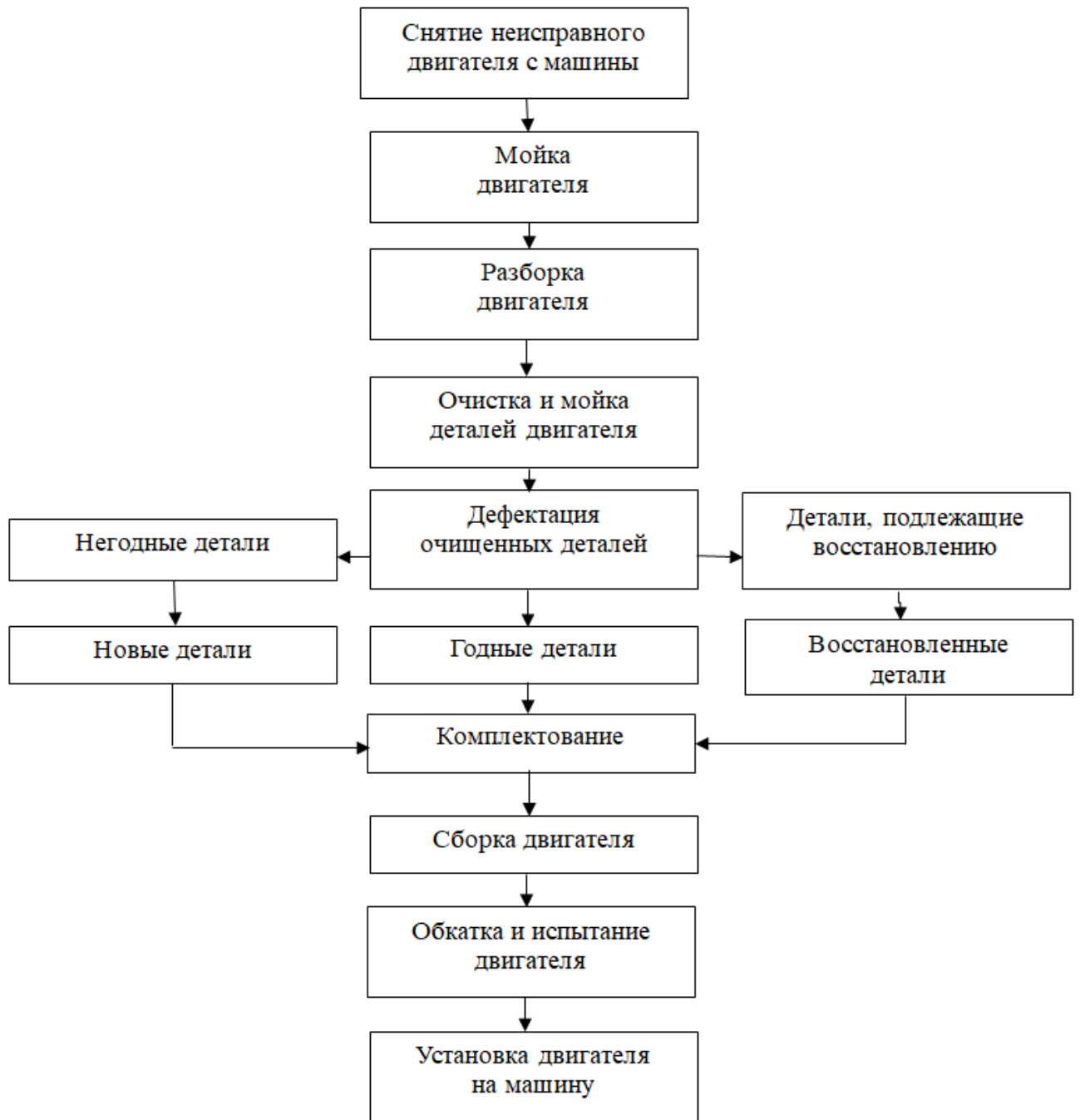


Рисунок 2.3 – Схема технологического процесса ремонта двигателя машины

### 2.3 Механизм влияния активации раствора на удаление загрязнений с поверхностей деталей

«Технологический процесс мойки – это комплекс параллельно-последовательных физико-механических и физико-химических процессов. В основе этих процессов лежат такие явления как смачивание, адсорбция, диспергирование, в том числе эмульгирование, стабилизация и коагуляция



дисперсий, пептизация, адгезия, набухание, растворение, солубилизация и пенообразование» [61].

Смачивание является первой фазой процесса мойки. Смачивание – это степень контакта моющего раствора с загрязнением и обмываемой поверхностью [28].

«Смачиваемость определяется краевым углом  $\theta$ , который образуется между проекцией касательной, проведенной к поверхности жидкости из точки контакта твердой –  $t$ , жидкой –  $ж$  и газообразной –  $г$  поверхностей, и самой касательной (рисунок 2.4). Краевой угол определяет адгезионные и когезионные свойства моющей жидкости» [61].

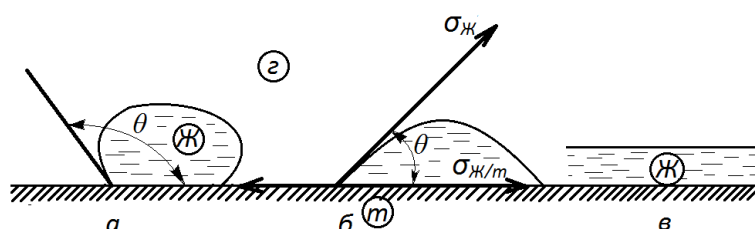


Рисунок 2.4 – Краевые углы смачивания обмываемой поверхности:

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

$b$  –  $0^\circ < \theta < 90^\circ$  – удовлетворительная смачиваемость;

$в$  –  $\theta = 0$  – смачиваемость полная

Если когезионные свойства выше адгезионных (краевой угол тупой), то наблюдается несмачиваемость очищаемая поверхность (рисунок 2.4,  $a$ ), если адгезионные свойства выше когезионных (краевой угол острый) – смачиваемость удовлетворительная (рисунок 2.4,  $b$ ). Полная смачиваемость наблюдается, когда краевой угол равен нулю. При тупом краевом угле мойка невозможна.

Смачивающиеся в обычной воде загрязнения называются гидрофильными, несмачивающиеся – гидрофобными.

На поверхности гидрофобных загрязнений, в отличие от гидрофильных, вода образует капельки, а не растекается по обмываемой поверхности, чем объясняется несмываемость гидрофобных загрязнений струей воды. В связи с этим для смачивания и улучшения смываемости гидрофобных загрязнений в состав СМС добавляют поверхностно-активные вещества (ПАВ) [113].

«Молекулы ПАВ могут располагаться в воде таким образом, что их гидрофильная часть (полярная «головка») погружается в воду, а гидрофобная (углеводородная «хвостовая» сторона) часть поворачивается кверху (рисунок 2.5). Это происходит по той причине, что гидрофильная часть ПАВ растворяется в воде, а гидрофобная всплывает наружу. Такое явление способствует тому, что молекулы ПАВ в основном концентрируются на поверхности раздела фаз и называется адсорбцией» [61, 76].

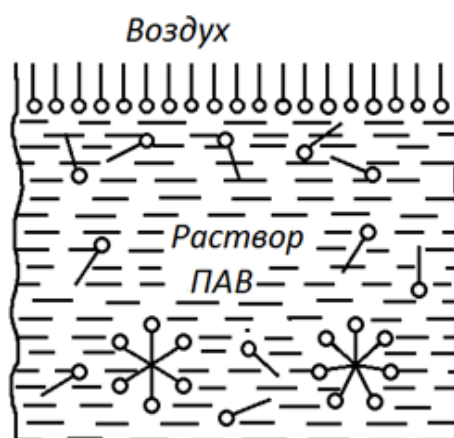


Рисунок 2.5 – «Поведение» молекул ПАВ в растворе

«Вещество, которое скопляет на своей поверхности другие вещества, называют адсорбентом, а вещества, концентрирующиеся на поверхности, называют адсорбтивами. Отсюда следует, что роль моющего компонента в составе СМС исполняют ПАВ, а роль ингибиторов – специальные противокоррозионные добавки [120].

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

ПАВ активизируют процесс перехода частиц загрязнения в раствор (рисунок 2.6), где они измельчаются и содержатся в растворе. Этот процесс называют диспергированием. Очень важно, чтобы моющий раствор исключил возможность оседания частиц загрязнений на поверхность обмываемых деталей» [61].

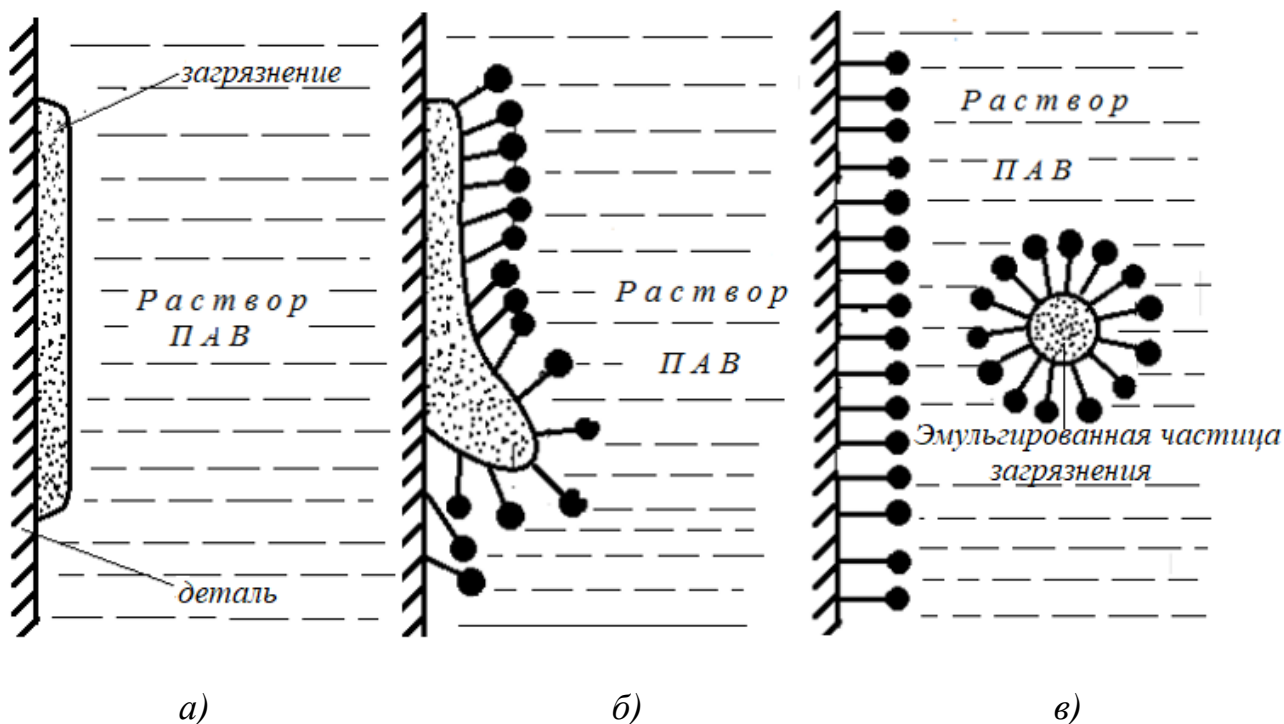


Рисунок 2.6 – Переход частиц загрязнения в раствор:

а) – первоначальное состояние; б) – образование частиц загрязнения вследствие увеличения объема; в) – эмульгированная частица загрязнения

В моющих растворах в качестве вещества, препятствующего слипанию частиц загрязнения (стабилизатора), служат эмульгаторы (рисунок 2.7).

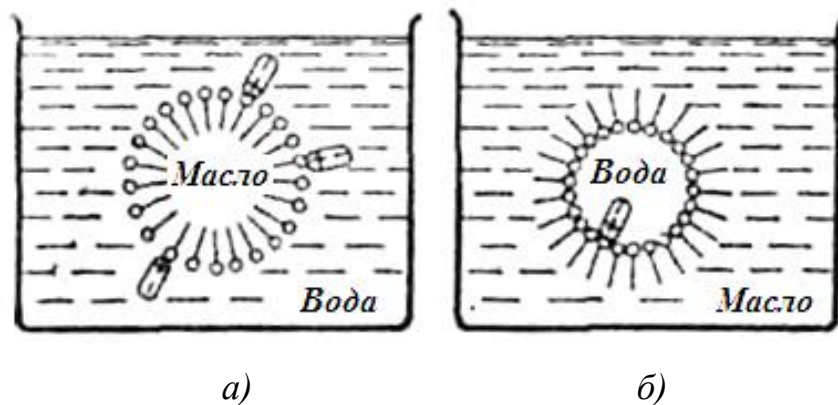


Рисунок 2.7 – Прямая (а) и обратная (б) стабилизация растворов

«Солубилизацией называют способность моющего раствора удерживать в своем объеме частицы загрязнений [76]. Иногда ее называют коллоидным растворением. Солубилизация повышает температурную устойчивость моющих растворов при охлаждении и нагревании.

Пептизацией называют процесс повышения раздробленности (дисперсности) частиц загрязнения [76]. Присутствие пептизаторов в растворе способствует ослаблению связей между раздробленными частицами загрязнений, образованию суспензии (нахождение твердых частиц загрязнений во взвешенном состоянии в объеме раствора).

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

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

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

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

После завершения процесса мойки молекулы моющего средства оседают на поверхности частиц загрязнений и вымытой поверхности, изолируя их друг от друга и препятствуя укрупнению частиц загрязнений» [61].

Мойка деталей условно состоит из трех стадий (рисунок 2.8).

««Поверхностно-активное вещество» по рекомендациям Международной комиссии по терминологии Международного комитета по ПАВ определяется как вещество, способное из раствора (истинного или коллоидного) в жидкой среде адсорбироваться на поверхности раздела фаз [жидкость – газ (пар), жидкость – жидкость, жидкость – твердое тело] с соответствующим понижением свободной энергии (поверхностного натяжения) на этой поверхности» [61].

ПАВ можно разделить на ионогенные и неионогенные (рисунок 2.9) [113].

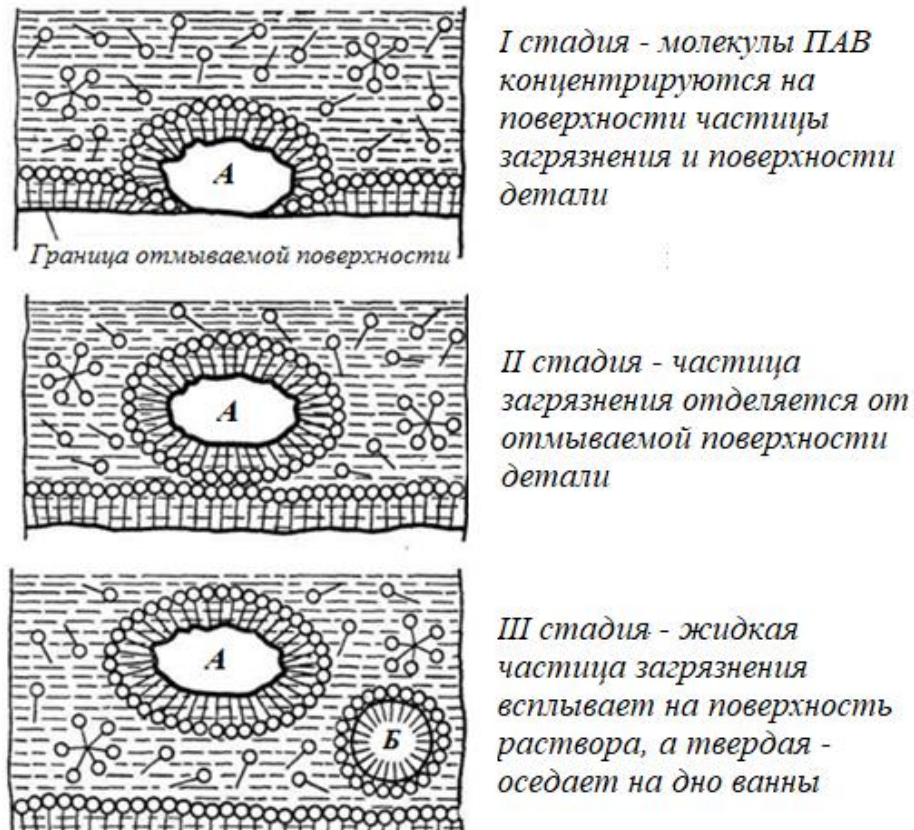


Рисунок 2.8 – Условное разделение процесса мойки деталей на стадии

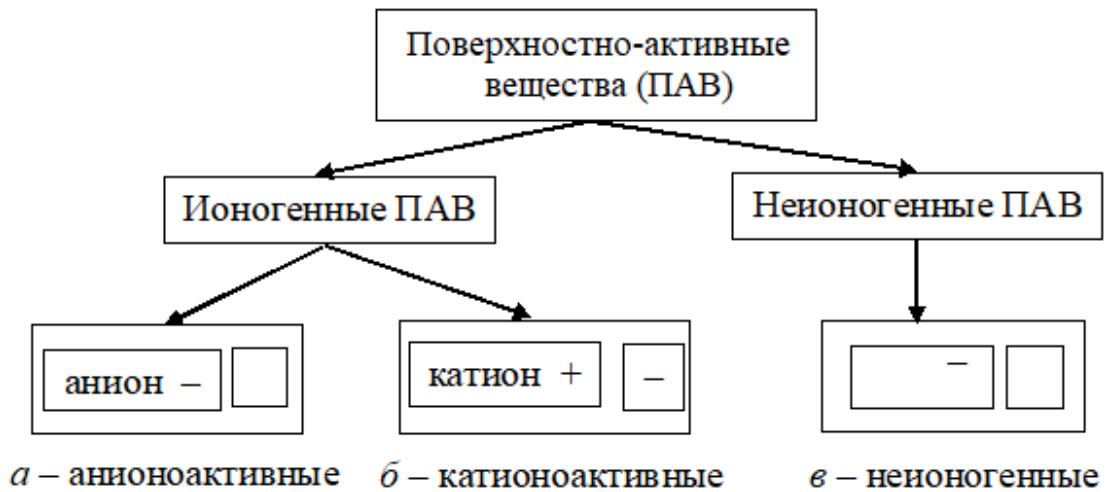


Рисунок 2.9 – Классификация ПАВ

«Ионогенные ПАВ – это ПАВ, способные диссоциировать в воде. По характеру образующихся ионов они делятся на две основные группы [76]. Если углеводородная часть молекулы ПАВ входит в состав аниона, то соединение относят к анионоактивным ПАВ (рисунок 2.9, а). Соответственно катионоактивные ПАВ (рисунок 2.9, 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. Одни авторы предполагают, что неионогенные ПАВ могут проявлять свойства анионоактивных ПАВ, а другие утверждают, что они способны проявлять катионоактивный характер (рисунок 2.9, в).

В реальности все происходит достаточно сложнее, потому что активность неионогенных ПАВ объясняется огромным количеством неионогенерирующихся гидрофильных групп» [61].

На полноту протекающих в процессе мойки явлений наряду с другими факторами влияет и механическая активность моющего раствора, для повышения которой нами предложена активация раствора колебательным движением оmyвательной корзины с загрязненными деталями в объеме раствора.

При работе разработанной нами моечной установки в ее кривошипно-шатунном механизме (КШМ) «действуют силы: сопротивления моющей жидкости на деталь  $P_T$ , массы возвратно-поступательно движущихся деталей с загрязнениями  $P_G$ , инерции возвратно-поступательно движущихся деталей  $P_H$ .

Силы  $P_T$  точному расчету не поддаются, в связи с чем в расчетах этими силами можно пренебрегать» [142].

Следовательно, в общем случае на деталь, следовательно, и на частицы загрязнения на ее поверхности, действует суммарная сила  $P_c = P_G + P_H$ .

Суммарное усилие  $P_c$  приложено к центру массы загрязнения и направлено вдоль линии возвратно-поступательного движения точки крепления шатуна с корзиной (рисунок 2.10). В точке крепления шатуна к оmyвательной корзине она «раскладывается на составляющие:

$P_H$  – нормальное давление, действует перпендикулярно к линиям возвратно-поступательного движения точки крепления шатуна с оmyвательной корзиной;

$P_{ш}$  – усилие, действующее вдоль оси шатуна и передаваемое на ось шейки кривошипа, оно является одним из составляющих разложения касательного усилия  $P_T$  на радиальное  $P_R$  и  $P_{ш}$ » [142] (рисунок 2.10).

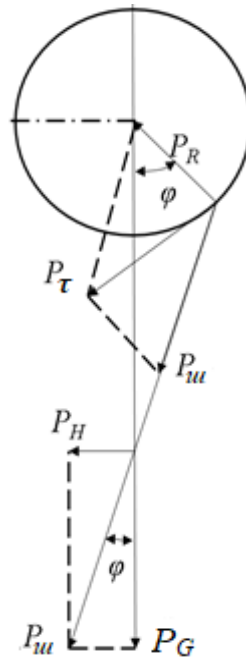


Рисунок 2.10 – Схема сил в КШМ моечной установки

Для преобразования вращательного движения вала электродвигателя в возвратно-поступательное движение деталей с загрязнениями в корзине использовали центральный КШМ (рисунок 2.11). Его особенность состоит в том, что линия возвратно-поступательного движения точки крепления шатуна с корзиной пересекает ось вращения вала электродвигателя.

Схема центрального КШМ моечной машины показана на рисунке 2.11.

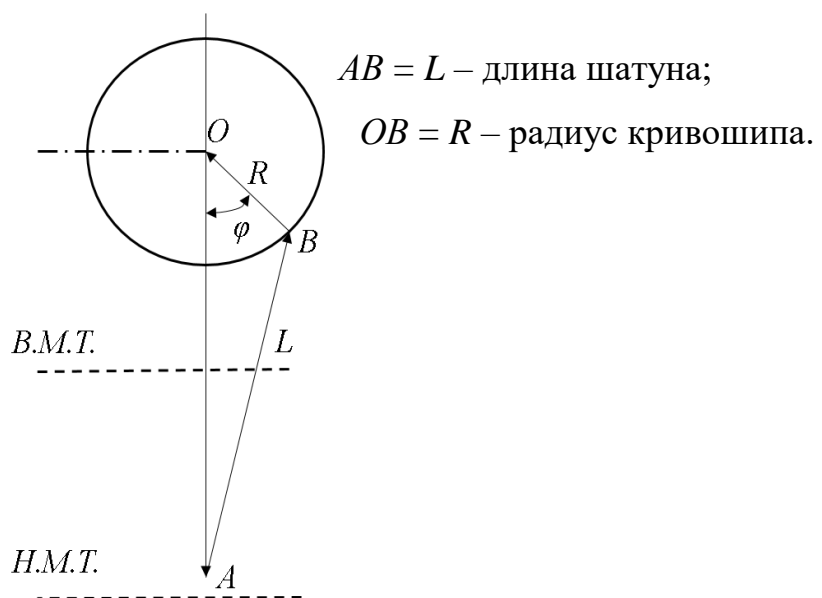


Рисунок 2.11 – Схема центрального КШМ

Графики путей, скоростей и ускорений точки крепления шатуна и корзины с деталями в зависимости от угла поворота кривошипа  $\varphi$  приведены на рисунке 2.12.

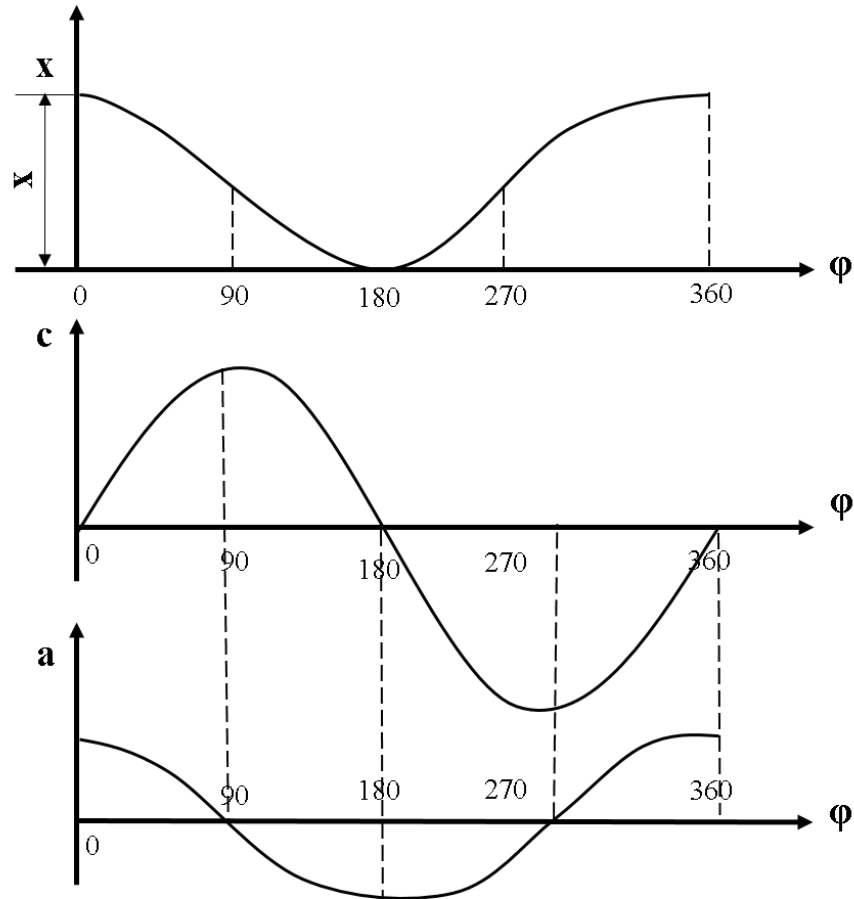


Рисунок 2.12 – Графики путей ( $X$ ), скоростей ( $C$ ) и ускорений ( $a$ ) точки крепления шатуна и корзины с деталями

«Путь, пройденный точкой крепления шатуна и корзины с деталями при повороте кривошипа на угол  $\varphi$ , определим по формуле (2.1):

$$X = R(1 - \cos \varphi) + \frac{1}{2} \frac{R^2}{L} \sin^2 \varphi \quad (2.1)$$

Дифференцируя уравнение (2.1) по времени, находим скорость точки крепления шатуна и корзины с деталями по выражению (2.2):

$$C = R \omega \left( \sin \varphi + \frac{1}{2} \lambda \sin 2 \varphi \right) \quad (2.2)$$

или выражению (2.2а):

$$C = v \left( \sin \varphi + \frac{1}{2} \lambda \sin 2 \varphi \right) \quad (2.2a)$$



где  $\omega$  – угловая скорость вращения кривошипа;

$v$  – окружная скорость вращения центра кривошипа и шейки шатуна.

Дифференцируя скорость по времени, определяем ускорение» [142] точки крепления шатуна и корзины с деталями по выражению (2.3):

$$a = R \omega^2 \left( \cos \varphi + \frac{1}{2} \frac{R}{L} \cos 2\varphi \right) \quad (2.3)$$

По формулам 2.1-2.3 можно определить, какой «путь  $X$  пройдет точка крепления шатуна и корзины с деталями при повороте кривошипа на угол  $\varphi$ , какую скорость  $C$  и ускорение  $a$  она будет иметь в этот момент.

Скорость точки крепления шатуна и корзины с деталями изменяется от 0 (в верхней (ВМТ) и нижней (НМТ) мертвых точках) до какого-то наибольшего значения при углах поворота кривошипа  $\varphi = 70-80^\circ$ . Ускорение достигает максимума в ВМТ и НМТ, и будет равно 0, когда скорость  $C$  достигает максимального значения.

Известно, что сила инерции возвратно-поступательно движущихся частиц загрязнения определяется по формуле:

$$P_{и} = -m \cdot a$$

где  $m$  – масса частицы загрязнения, кг;

$a$  – ускорение частицы загрязнения, м/с<sup>2</sup>.

Ускорение движения частицы загрязнения определяется по формуле (2.3). Тогда, сила инерции возвратно-поступательно движущихся частиц загрязнений определится для любого угла поворота кривошипа по формуле:

$$P_{и} = -mR \omega^2 \left( \cos \varphi + \frac{R}{L} \cos 2\varphi \right), \text{ н/м}^2. \quad (2.4)$$

Если расчет силы инерции  $P_{и}$  частиц загрязнения выполнять в виде таблицы для различных углов поворота кривошипа  $\varphi$ , то по данным таблицы можно построить диаграмму сил инерции поступательно-движущихся частиц загрязнения на поверхности деталей. Характер кривой зависимости силы инерции от угла поворота кривошипа  $P_{и} = f(\varphi)$  приведен на рисунке 2.13. В начале каждого хода колебания омывательной корзины силы инерции препятствуют ее движению, поэтому силы инерции  $P_{и}$  имеют отрицательный

знак, а в конце каждого хода колебания оmyвательной корзины силы инерции  $P_{и}$  способствуют этому движению, поэтому приобретают положительный знак» [142].

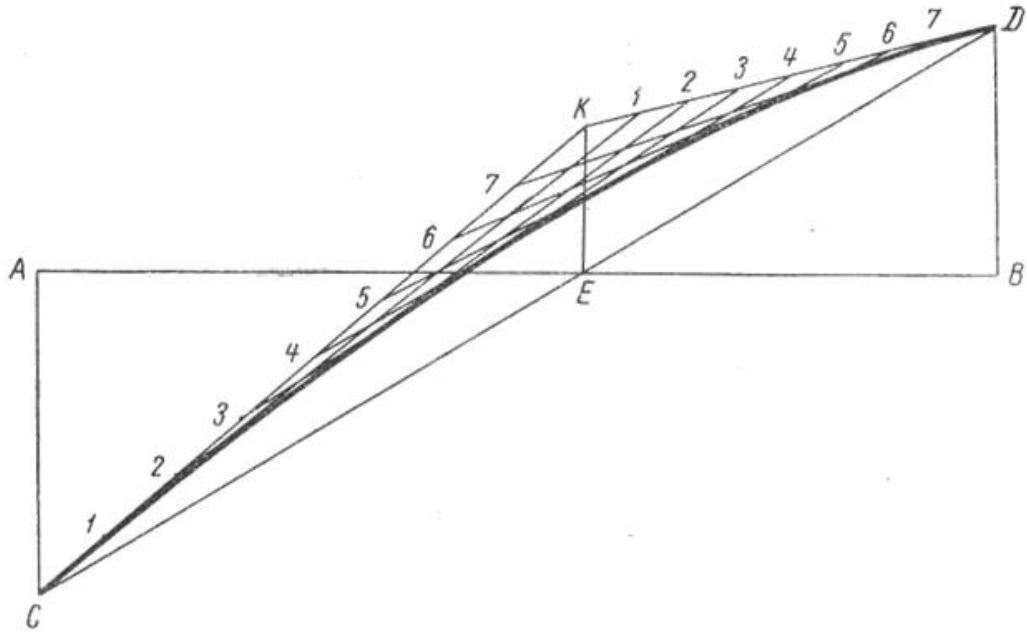


Рисунок 2.13 – Диаграмма сил инерции частиц загрязнения на поверхности деталей

Таким образом при колебательном движении корзины на частицу загрязнения кроме сил гравитации ( $P_G$ ) действуют силы инерции ( $P_{и}$ ) (рисунки 2.14 и 2.15), которые в конце каждого хода колебания корзины увеличивают силу, отрывающую частицу загрязнения от поверхности детали, способствуя повышению степени очистки детали.

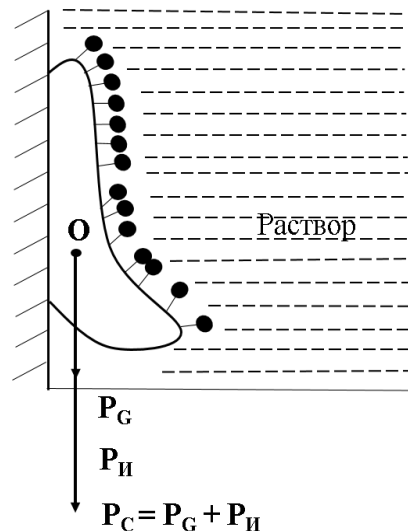


Рисунок 2.14 – Силы, действующие на частицу загрязнения в НМТ (О – центр масс частицы загрязнения)

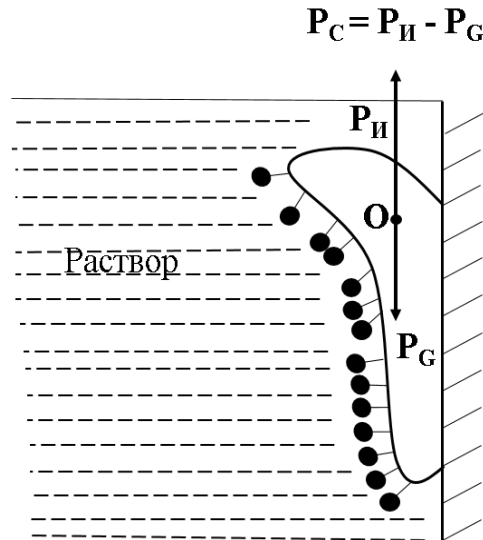


Рисунок 2.15 – Силы, действующие на частицу загрязнения в ВМТ  
(О – центр масс частицы загрязнения)

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

$$C_{оч.} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\%, \quad (2.17)$$

где  $M_1$  – масса загрязнения на испытуемых образцах до мойки, г;

$M_2$  – масса оставшегося загрязнения на образцах после мойки, г» [61].

## 2.4 Выводы по главе 2

1. Доказано, что межремонтный ресурс двигателей автотракторной техники можно увеличить совершенствованием мойки деталей.

2. На полноту протекающих в процессе мойки явлений наряду с другими факторами влияет и механическая активность моющего раствора, для повышения которой нами предложена активация раствора колебательным движением омывательной корзины с загрязненными деталями в объеме раствора.

3. При колебательном движении корзины на частицу загрязнения кроме сил гравитации действуют силы инерции, которые в конце каждого хода колебания корзины увеличивают силу, отрывающую частицу загрязнения от поверхности детали, способствуя повышению степени очистки детали.

4. Основным оценочным показателем процесса мойки деталей является степень очистки, которая определяется гравиметрическим методом.

## ГЛАВА 3 МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

### 3.1 Устройство оригинальной моечной установки, методика ее использования и исследования моющих свойств раствора

Для исследования моющих свойств раствора в зависимости от способов его активации в лабораторных условиях применяли моечную установку собственного изготовления, общий вид которой приведен на рисунке 3.1, а схема устройства – на рисунке 3.2.



Рисунок 3.1 – Оригинальная моечная установка для мойки деталей

Установка предназначена для удаления эксплуатационных и технологических загрязнений с поверхностей деталей с помощью теплового, механического и химического воздействия раствора.

Электроиндукционный нагреватель (ТЭН) 22 преобразует электрическую энергию в тепловую, благодаря чему, осуществляется нагрев моющей жидкости в емкости установки 23. Температура моющей жидкости в емкости установки контролируется термометром 20.

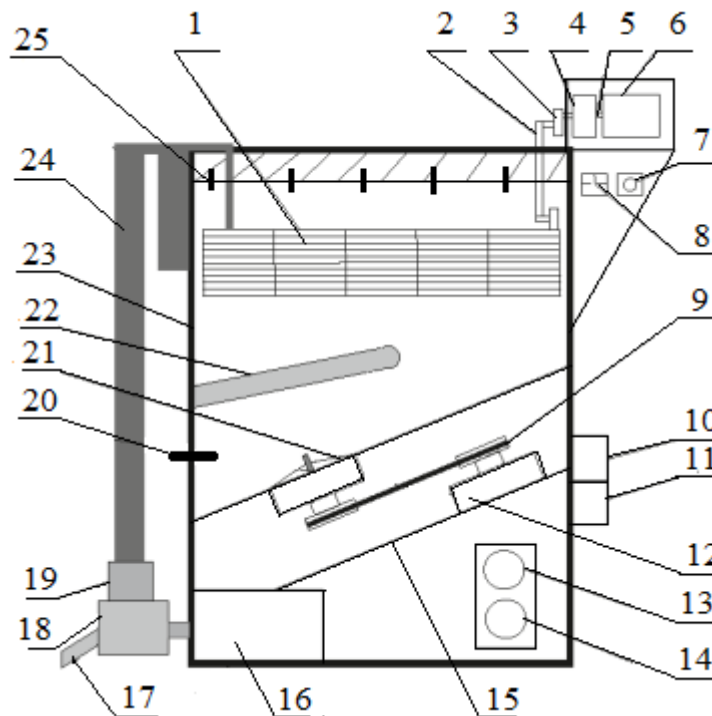


Рисунок 3.2 – Схема оригинальной моечной установки для мойки деталей:

- 1 – корзина для размещения деталей; 2 – шатун привода корзины;  
 3 – кривошип; 4 – редуктор ФШ-10/260Е; 5 – соединительная муфта;  
 6 – двигатель КФ 160-4/56R; 7 – выключатель двигателя привода КШМ;  
 8 – выключатель двигателя привода помпы; 9 – клиноременная передача;  
 10 – автомат общего питания на 220V; 11 – автомат выключения ТЭНа;  
 12 – реверсивный электродвигатель; 13 – таймер-выключатель двигателя  
 привода центрифуги; 14 – реверс-выключатель привода центрифуги;  
 15 – наклонная рама; 16 – двигатель привода помпы; 17 – сливной кран;  
 18 – помпа; 19 – фильтр очистки моющего раствора; 20 – термометр;  
 21 – дисковый активатор моющего раствора; 22 – электроиндукционный  
 нагреватель (ТЭН); 23 – емкость установки (30 л); 24 – система подачи  
 жидкости под давлением; 25 – форсунки

Установка может работать в трех режимах:

- I. Режим активации моющего раствора колебательным движением корзины с омываемыми деталями;
- II. Режим активации моющего раствора центрифугой;

III. Режим струйного воздействия моющего раствора на загрязнения поверхности деталей.

Для работы в режиме I в емкость установки заливается заранее приготовленный моющий раствор (7%-й раствор «Темп-100» с добавкой ТБА в количестве 5г/л) в объеме 30 л и подогревается до температуры 85-95°C. С помощью кривошипно-шатунного механизма (КШМ), включающего шатун 2 и кривошип 3, вращательное движение вала электродвигателя КФ 160-4/56R 6 преобразуется в колебательное движение корзины 1 с омываемыми деталями в объеме моющего раствора. Частота колебания корзины регулируется редуктором ФШ-10/260Е 4. Для закрепления деталей в корзине используется специальный зажим в виде сетки. Продолжительность мойки задается таймер-выключателем.

Для работы в режиме II в емкость установки также, как и в режиме I, заливается заранее приготовленный моющий раствор (7%-й раствор «Темп-100» с добавкой ТБА в количестве 5г/л) в объеме 30 л и подогревается до температуры 85-95°C. Реверсивный электродвигатель 12, установленный на наклонной раме 15, через клиноременную передачу 9 запускает дисковый активатор 21, который в емкости 23 создаёт поток моющего раствора для мытья деталей, уложенных в корзине. Продолжительность мойки задается таймер-выключателем.

В режиме III заранее приготовленный и подогретый до температуры 85-95°C моющий раствор (7%-й раствор «Темп-100» с добавкой ТБА в количестве 5г/л) помпой 18, приводимой в действие двигателем 16, подается под давлением через фильтр 19, систему подачи 24 и форсунки 25 в виде струй на детали, уложенные в корзине. Продолжительность мойки задается таймер-выключателем.

«Определение моющей способности раствора в разных режимах работы установки проводили с использованием в качестве образца стальной, шлифованной с одной стороны пластины размерами 30×100×2 (мм), в качестве модельного загрязнения – смеси отработавшего дизельного (моторного) масла и

смолистого отложения из центрифуги соотношением 2:1. Образцы для размещения в корзину моечной установки собирали в пакеты по 5 штук, для чего использовали специальные кронштейны.

Методика выполнения работ по исследованию моющего свойства растворов описана в [61] и была следующей» [5]:

1. «Подготовка образцов:
  - удаление продуктов коррозии;
  - обезжиривание поверхности образцов с одной стороны венской известью;
  - промывка холодной водой;
  - просушка между листами фильтровальной бумаги;
2. Измерение размеров образцов;
3. Взвешивание образцов с занесением данных в таблицу 3.1;
4. Нанесение на обезжиренную поверхность образцов модельного загрязнения в количестве 0,1 г равномерным слоем. Выдерживание образцов на воздухе в течение 30 мин. Взвешивание образцов с загрязнением и занесение данных в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Форма таблицы экспериментов

№ № п/ п	Наименование моющего средства	Концентрация моющего средства	Продолжительность мойки, мин	Температура моющего раствора, °С	Масса образца, г	
					до мойки (с загрязнением)	после мойки

5. Сборка образцов в пакеты по 5 штук в специальные кронштейны.
6. Установка образца с модельным загрязнением в моечную установку.
7. Заливка в ванну моечной установки 1л моющего раствора и его нагревание до температуры в соответствии с программой испытания.
8. Определение моющей способности растворов;



9. Определение смачиваемости моющих растворов;

10. Занесение полученных данных в таблицу.

Моющую способность определяли весовым методом, который основывается на определении процента смываемости загрязнений с поверхности детали:

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

где  $M_1$  – масса образца до очистки (с модельным загрязнением), г;

$M_2$  – масса образца после очистки, г.

При этом загрязнения наносятся только с одной стороны образца, т.к. при двустороннем нанесении загрязнения взвешивание образца на весах затрудняется и возможно допущение ошибок в определении массы нанесенного загрязнения» [61].

### 3.2 Подготовка образцов к лабораторным экспериментам

Лабораторные эксперименты проводили с использованием пластин размерами ( $a \times b \times c$ )  $30 \times 100 \times 2$  (мм) (рисунок 3.3) Их изготовили из стали 40X листового проката, так как материалом многих деталей двигателя Д-245.7Е4 автомобиля ГАЗ-3309 является сталь 40X [135] (таблица 3.2).

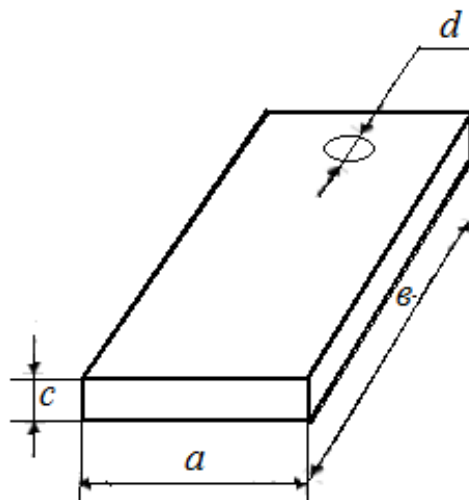


Рисунок 3.3 – Образец для лабораторных экспериментов

Методика подготовки образцов к лабораторным исследованиям, определения степени очистки описаны в [113], а методика нанесения

загрязнения на образцы и установки их в лабораторную установку – в [61].

Результаты, полученные в ходе экспериментов, заносили в специальную таблицу.

Таблица 3.2 – Перечень деталей двигателя Д-245.7Е4 и материалы их изготовления [135]

Наименование детали	Обозначение	Материал
Блок цилиндров	240-1001010	Высокопрочный серый чугун
Головка блока цилиндров	240-1001020	Высокопрочный серый чугун
Вал коленчатый	240-1005020-Б2	Сталь 40Х2АФЕ
Маховик	245-1005120	СЧ20
Шатун	240-1004112-А	Сталь 40ХН2МА
Болт шатунный	А20.07.002	Сталь 40ХН2МА
Шкив (коленчатого вала)	240-1005133-М	СЧ20
Поршень	245-1004021	АК 12 (АЛ 25)
Палец поршневой	50-1004042-А1	Сталь 12ХН3А
Кольцо компрессионное	А27.00.02-02	Специальный чугун
Кольцо компрессионное	А27.01.02-129	Специальный чугун
Кольцо маслоъемное	А27.1170.000	Специальный чугун
Втулка (верхней головки) шатуна	240-1004115-А	Сталь 10-бронза ОФ6,5-0,15
Крышка шатуна	240-1004125-А	Сталь 40ХН2МА
Гайка шатунного болта	А20.03.001	Сталь 40ХН2МА
Шестерня ведущая	50-1403075-В	Сталь 40Х
Шестерня ведомая	50-1403115-Б	Сталь 40Х
Шестерня привода масляного насоса	245-1403228	Сталь 40Х

### 3.3 Определение количества параллельных экспериментов

Количество параллельных экспериментов (количество параллельных образцов) определяли по методике, приведенной в [61, 80], по результатам предварительных экспериментов (таблица 3.3) «по формуле:

$$N = \frac{t^2 v^2}{\varepsilon^2}, \quad (3.5)$$

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

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

$\varepsilon$  – принятая относительная ошибка экспериментов, задается экспериментатором на уровне 1, 3, 5, 7, 10%» [61].

Количество параллельных образцов для проведения предварительных экспериментов определяли по таблице случайных чисел, оно оказалось 11.

Таблица 3.3 – Результаты предварительных экспериментов

№№ образцов	Масса чистого образца, г	Масса образца с искусственным загрязнением, г	Масса загрязнений, г
1	46,2821	49,2442	2,9621
2	45,9907	48,9917	3,0010
3	46,2533	49,1804	2,9271
4	45,4172	48,5650	3,1478
5	45,9010	49,1300	3,2290
6	45,7122	49,0528	3,3406
7	46,0329	49,4907	3,4578
8	45,7188	49,2278	3,5090
9	45,8024	49,3535	3,5511
10	46,7070	50,2660	3,5590
11	45,5555	49,1175	3,5620
Сумма:			36,2466

Для определения количества параллельных опытов в предварительных экспериментах были проведены вспомогательные расчеты, результаты которых сведены в таблицу 3.4.

По результатам предварительных экспериментов количество повторности опытов при  $\varepsilon = 3\%$  будет:

$$N = \frac{t^2 v^2}{\varepsilon^2} = \frac{1,96^2 \cdot 3,32^2}{3^2} = 4,7.$$

Принимаем  $N = 5$  повторностей.

Таблица 3.4 – Результаты вспомогательных расчетов для определения количества параллельных опытов в предварительных экспериментах

№ п/п	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	2,9621	-0,2309	0,0533
2	3,0010	-0,1919	0,0368
3	2,9271	-0,1659	0,0275
4	3,1478	-0,0451	0,0020
5	3,2290	0,1360	0,0185
6	3,3406	0,2134	0,0455
7	3,4578	0,2648	0,0701
8	3,5090	0,3160	0,0998
9	3,5511	0,3580	0,1282
10	3,5590	0,3660	0,1339
11	3,5620	0,36905	0,1362
Сумма:	36,24659	0	0,7522

### 3.4 Выводы по главе 3

1. Для исследования моющих свойств раствора в зависимости от способов его активации в лабораторных условиях применяли моечную установку собственного изготовления, которая может работать в трех режимах:

I. Режим активации моющего раствора колебательным движением корзины с омываемыми деталями;

II. Режим активации моющего раствора центрифугой;

III. Режим струйного воздействия моющего раствора на загрязнения поверхности деталей.

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

## 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 4.1 Определение степени очистки деталей при струйном воздействии моющего раствора на загрязнения

Для уточнения влияния способов активации моющего раствора на качество мойки деталей определяли степень очистки (%) образцов от загрязнений в оригинальной моечной установке при струйном воздействии моющего раствора на загрязнения с различной продолжительностью мойки.

«Условия эксперимента:

- продолжительность мойки образцов – 1, 2, 3, 4, 5, 6 мин;
- моющий раствор – 7%-й водный раствор «Темп-100» с добавкой ТБА концентрацией 5 г/л;
- температура раствора – 85-90°C;
- загрязнение – искусственное;
- количество образцов в варианте – 5;
- выходной результат – степень очистки, %» [61].

Полученные результаты отражены в таблице 4.1, определение статистических характеристик результатов исследований степени очистки при различных продолжительностях мойки – таблице 4.2, вспомогательные расчеты – таблице 4.3.

«В ходе статистической обработки результатов исследований оценена корреляционная зависимость интересующих параметров, а также проведен регрессионный анализ результатов исследований. Для лучшего визуального восприятия результаты изображены в виде графиков.

Статистическая обработка результатов включает три этапа [2, 79, 84, 92].

Первый этап включает проверку принадлежности резко отличающихся выходов генеральной совокупности, для чего воспользовались критерием Стьюдента  $t$  (тау), который предусматривает исключение резко отличающихся данных из массива результатов» [61].

Первый вариант: Продолжительность мойки 1 мин. Выходные результаты (степень очистки): 10,26; 11,76; 11,18; 13,53; 10,85%.

Таблица 4.1 – Изменение степени очистки образцов в зависимости от продолжительности мойки со струйным воздействием моющего раствора температурой 85-90°С на загрязнения (форма таблицы из [113])

Продолжительность мойки, $x_i$ , мин	№, № образцов	Масса, г					Степень очистки, $y_i$ , %	
		образца		загрязнения	образца после экспери- мента, $M_2$	загрязнения после экспери- мента, $\Delta M_2 = M_2 - M_0$	каждого образца	средняя по вариан- там
		чистого $M_0$	до эксперимента					
			с загряз- нением $M_1$	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,0	1	45,5841	49,2422	3,6581	48,8669	3,2828	10,26	11,51
	2	45,5484	48,7629	3,2145	48,3849	2,8365	11,76	
	3	45,4157	48,6800	3,2643	48,3150	2,8993	11,18	
	4	46,8124	50,3342	3,5218	49,8577	3,0453	13,53	
	5	46,7231	50,1216	3,3985	49,7529	3,0298	10,85	
2,0	6	46,5221	50,7265	4,2044	49,6115	3,0894	26,52	27,13
	7	46,2254	50,4405	4,2151	49,3134	3,0880	26,74	
	8	45,5467	50,6740	4,1273	48,5712	3,0245	26,72	
	9	45,7426	49,9011	4,1585	48,7010	2,9584	28,86	
	10	46,8251	50,9672	4,1421	49,8571	3,0320	26,80	

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3,0	11	46,6241	50,4626	3,8385	48,3119	1,6878	56,03	56,15
	12	45,5114	49,4237	3,9123	47,1377	1,6263	58,43	
	13	46,4254	49,6569	3,2315	47,8747	1,4493	55,15	
	14	46,4089	49,7077	3,2988	47,8911	1,4822	55,07	
	15	45,5128	49,0250	3,5122	47,0557	1,5429	56,07	
4,0	16	45,7327	49,6305	3,8978	46,6877	0,9550	75,50	75,34
	17	46,7455	49,9971	3,2516	47,6309	0,8854	72,77	
	18	45,1517	48,3038	3,1521	45,9032	0,7515	76,16	
	19	45,4752	49,7163	4,2411	46,4693	0,9941	76,56	
	20	45,4572	49,3323	3,8751	46,4023	0,9451	75,70	
5,0	21	45,2551	48,4013	3,1462	45,8180	0,5629	82,11	83,35
	22	46,2434	49,4589	3,2155	46,7646	0,5212	83,79	
	23	45,5588	49,4341	3,8753	46,1672	0,6084	84,30	
	24	46,2145	49,4402	3,2257	46,7748	0,5603	82,63	
	25	45,7254	49,5785	3,8531	46,3438	0,6184	83,95	
6,0	26	46,1942	49,7703	3,5761	46,7148	0,5206	85,44	84,00
	27	46,1981	50,4225	4,2244	46,8233	0,6252	85,20	
	28	45,3254	49,4406	4,1152	46,0344	0,7090	82,77	
	29	45,5917	48,9874	3,3957	46,1601	0,5684	83,26	
	30	46,3652	50,3563	3,9911	47,0309	0,6657	83,32	

Таблица 4.2 – Определение статистических характеристик результатов исследований степени очистки при различных продолжительностях мойки (форма таблицы из [113])

№№ вариантов эксперимента	Продолжительность мойки, $x_b$ мин	Степень очистки, $y_i$ , %		Проверка принадлежности сомнительных членов совокупности	Статистические характеристики результатов выходов			
		каждого образца	средняя по вариантам		$\bar{y}$	$S^2$	$S$	$\vartheta$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,0	10,26	11,51	$\tau_{лев.} = 0,46$ $\tau_{прае.} = 0,541$ $\tau_{майл.} = 0,807.$	11,51	1,56	1,25	10,85
		11,76						
		11,18						
		13,53						
		10,85						
2	2,0	26,52	27,13	$\tau_{лев.} = 0,23$ $\tau_{прае.} = 0,024$ $\tau_{майл.} = 0,807.$	27,13	0,58	0,76	0,03
		26,74						
		26,72						
		28,86						
		26,80						
3	3,0	56,03	56,15	$\tau_{лев.} = 0,024$ $\tau_{прае.} = 0,7$ $\tau_{майл.} = 0,807.$	56,15	1,85	1,36	0,024
		58,43						
		55,15						
		55,07						
		56,07						
4	4,0	75,50	75,34	$\tau_{лев.} = 0,72$ $\tau_{прае.} = 0,1055$ $\tau_{майл.} = 0,807.$	75,34	2,23	1,49	0,02
		72,77						
		76,16						
		76,56						
		75,70						
5	5,0	82,11	83,35	$\tau_{лев.} = 0,37$ $\tau_{прае.} = 0,17$ $\tau_{майл.} = 0,807.$	83,35	0,8	0,90	0,01
		83,79						
		84,30						
		82,63						
		83,95						
6	6,0	85,44	84,00	$\tau_{лев.} = 0,19$ $\tau_{прае.} = 0,01$ $\tau_{майл.} = 0,807.$	84,0	1,56	1,25	0,02
		85,20						
		82,77						
		83,26						
		83,32						



Таблица 4.3 – Вспомогательные расчеты

№№ вариан тов экспери мента, п	Продолжи тельность мойки, $x_i$ , мин	Степень очистки, $y_i$ , %	$x_i^2$	$x_i y_i$	Расчеты				$(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})$
					$x_i - \bar{x}$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	
1	1,0	11,52	1	11,52	-2,5	-44,73	6,25	2000,77	111,83
2	2,0	27,13	4	54,26	-1,5	-29,12	2,25	848,00	43,68
3	3,0	56,15	9	168,45	-0,5	-0,10	0,25	0,01	0,05
4	4,0	75,34	16	301,36	0,5	19,09	0,25	364,43	9,55
5	5,0	83,35	25	416,75	1,5	27,11	2,25	735,00	40,67
6	6,0	84,00	36	504	2,5	27,75	6,25	770,06	69,38
$\Sigma$	21	337,5	91	1456,34	0	0	17,5	4718,27	275,16

После ранжирования: 10,26; 10,85; 11,18; 11,76; 13,53 %.

Левый член [113]:

$$\tau_{лев} = \frac{y_2 - y_1}{y_5 - y_1} = \frac{10,85 - 10,26}{13,53 - 10,26} = \frac{0,59}{3,27} = 0,18 < \tau_{табл.} = 0,807;$$

Правый член [113]:

$$\tau_{прав} = \frac{y_n - y_{n-1}}{y_n - y_1} = \frac{13,53 - 11,76}{13,53 - 10,26} = \frac{1,77}{3,27} = 0,541 < \tau_{табл.} = 0,807.$$

И левый, и правый члены принадлежат ряду, так как [113]:

$$\tau_{лев} = 0,18 < \tau_{табл.} = 0,807;$$

$$\tau_{прав} = 0,541 < \tau_{табл.} = 0,807.$$

Результаты подготовительных расчетов для определения среднего значения ряда  $\bar{y}$ , дисперсии  $S^2$ , среднеквадратического отклонения  $S$  и коэффициента вариации  $\vartheta$  отражены в таблице 4.2.

Таблица 4.4 – Результаты подготовительных расчетов для определения статистических характеристик

Выходные значения, $y_i$	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$
10,26	-1,26	1,5876
11,76	0,24	0,0576
11,18	-0,34	0,1156
13,53	2,01	4,0401
10,85	-0,67	0,4489
$\Sigma 57,58$		$\Sigma 6,2498$

Среднее значение:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{1}{5} \cdot 57,58 = 11,52\%;$$

– дисперсия:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1} = \frac{6,2498}{5-1} = 1,5625;$$

– стандартное отклонение:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = \sqrt{1,5625} = 1,25;$$

– коэффициент вариации:

$$\vartheta = \frac{S}{\bar{y}} \cdot 100\% = \frac{1,25}{11,52} \cdot 100\% = 10,85\%;$$

$$\vartheta = 10,85\% < 33\%.$$

Значение коэффициента вариации подтверждает, что совокупность подчиняется закону нормального распределения [116].

Аналогичные расчеты проводили для продолжительностей мойки: 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 и 6,0 мин., данные по которым сведены в таблицу 4.2.

Вид связи между степенью очистки ( $y$ ) и продолжительностью мойки ( $x$ ) определяли на втором этапе (таблица 4.3).

Коэффициент корреляции  $r$  [56]:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{275,16}{\sqrt{17,5 \cdot 4718,27}} = 0,96;$$

Значение  $r = 0.96$  свидетельствует об очень сильном влиянии продолжительности мойки на степень очистки [116].

Регрессионный анализ проводили на третьем этапе статистической обработки результатов.

Изменение степени очистки образцов в зависимости от продолжительности мойки со струйным воздействием раствора температурой 85-90°C на загрязнения изображено на рисунке 4.1.

По «значению коэффициента достоверности ( $R^2 = 0,9805$ ) определили полиномиальный характер связи между степенью очистки образцов и продолжительностью мойки» [61] со струйным воздействием раствора температурой 85-90°C на загрязнения.

Из рисунка 4.1 следует, что с «повышением продолжительности мойки до 5 мин степень очистки образцов улучшается, а при дальнейшем повышении она улучшается незначительно» [61]. Следовательно, 5-минутная мойка деталей будет рациональной.

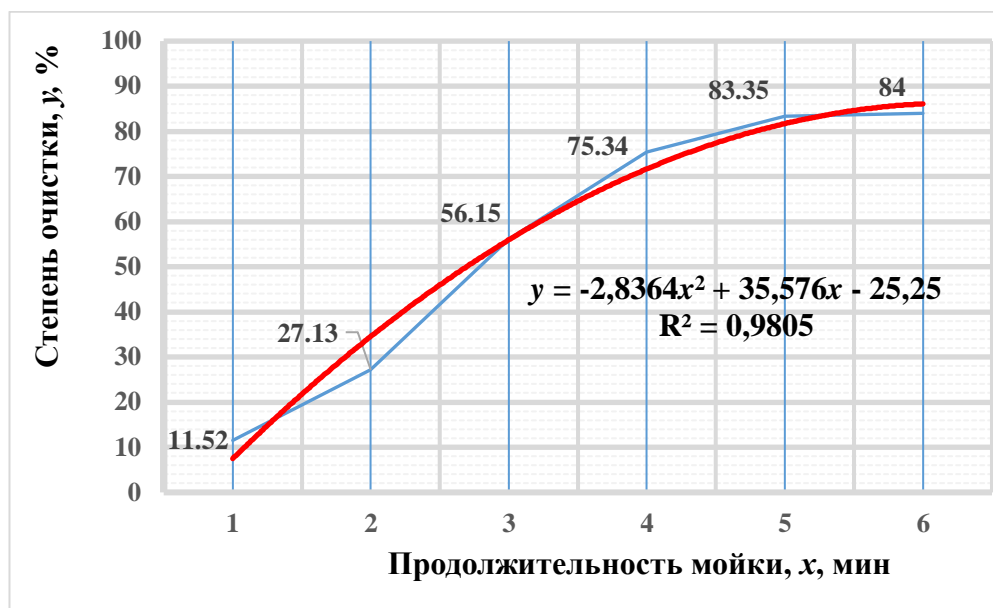


Рисунок 4.1 – Изменение степени очистки образцов в зависимости от продолжительности мойки со струйным воздействием раствора температурой 85-90°C на загрязнения

Из условия 100%-й очистки деталей рациональная продолжительность мойки составит:

$$y = -25,25 + 35,576x - 2,8364x^2;$$

$$100 = -25,25 + 35,576x - 2,8364x^2;$$

$$x_{\text{рац.}} = 5,27 \text{ мин} \approx 5,0 \text{ мин.}$$

Экспериментальные и расчетные значения рациональной продолжительности мойки «коррелируют друг с другом, значит, рациональная продолжительность мойки определена правильно» [61].

#### 4.2 Определение степени очистки деталей при активации раствора центрифугой

На следующем этапе лабораторных экспериментов исследовали связь между степенью очистки образцов и продолжительностью мойки в оригинальной моечной установке при активации моющего раствора температурой 85-90°C центрифугой.

Условия проведения экспериментов описаны в подразделе 4.1.

Результаты экспериментов приведены в таблице 4.5, а в виде графика – на рисунке 4.2.

Таблица 4.5 – Изменение степени очистки образцов в зависимости от продолжительности мойки с активацией моющего раствора температурой 85-90°С центрифугой (форма таблицы из [113])

Продолжительность мойки, $x_i$ , мин	№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, $y_i$ , %	
		образца		загрязнения	образца после экспери- мента, $M_2$	загрязнения после экспери- мента, $\Delta M_2 = M_2 - M_0$	каждого образца	средняя по вариан- там
		чистого $M_0$	до эксперимента					
			с загряз- нением $M_1$	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,0	1	45,4630	49,1211	3,6581	48,3068	2,8438	22,26	23,51
	2	45,4273	48,6418	3,2145	47,8780	2,4507	23,76	
	3	45,3045	48,5688	3,2643	48,1121	2,8076	23,18	
	4	46,6013	50,1231	3,5218	49,2240	2,6227	25,53	
	5	46,5120	49,9105	3,3985	49,1339	2,6219	22,85	
2,0	6	46,4910	50,6954	4,2044	49,0759	2,5849	38,52	39,13
	7	46,0044	50,2195	4,2151	48,5866	2,5822	38,74	
	8	45,3346	50,4619	4,1273	47,8638	2,5292	38,72	
	9	45,6415	49,8000	4,1585	48,1008	2,4593	40,86	
	10	46,6940	50,8361	4,1421	49,2290	2,5350	38,80	

Продолжение таблицы 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3,0	11	46,1130	49,9515	3,8385	47,3786	1,2656	67,03	67,15
	12	45,4203	49,3326	3,9123	46,6163	1,1960	69,43	
	13	46,1143	49,3458	3,2315	47,2082	1,0939	66,15	
	14	46,3478	49,6466	3,2988	47,4671	1,1193	66,07	
	15	45,4617	48,9739	3,5122	46,6183	1,1566	67,07	
4,0	16	45,6411	49,5389	3,8978	46,2453	0,6042	84,50	84,34
	17	46,6144	49,8660	3,2516	47,2069	0,5928	81,77	
	18	45,2406	48,3927	3,1521	45,7084	0,4678	85,16	
	19	45,3841	49,6252	4,2411	45,9965	0,6124	85,56	
	20	45,7461	49,6212	3,8751	46,3390	0,5929	84,70	
5,0	21	45,6450	48,7912	3,1462	45,9876	0,3426	89,11	90,35
	22	46,4323	49,6479	3,2155	46,7284	0,2961	90,79	
	23	45,4777	49,3530	3,8753	45,8149	0,3372	91,30	
	24	46,1234	49,3991	3,2257	46,4579	0,3345	89,63	
	25	45,6343	49,4874	3,8531	45,9830	0,3487	90,95	
6,0	26	46,0431	49,6192	3,5761	46,3135	0,2704	92,44	91,00
	27	46,0670	50,2914	4,2244	46,3965	0,3295	92,20	
	28	45,7143	49,8295	4,1152	46,1353	0,4210	89,77	
	29	45,4306	48,8263	3,3957	45,7613	0,3307	90,26	
	30	46,0561	50,0472	3,9911	46,4424	0,3863	90,32	

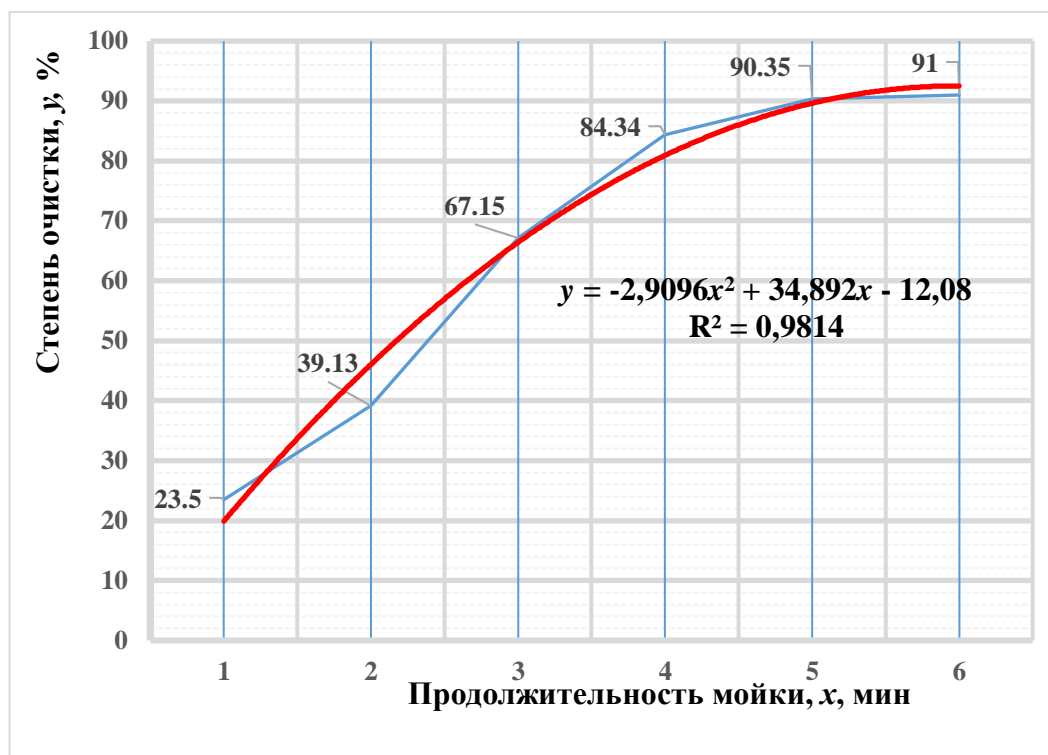


Рисунок 4.2 – Изменение степени очистки образцов в зависимости от продолжительности мойки с активацией моющего раствора температурой 85-90°C центрифугой

По методике, описанной в подразделе 4.1, проведена математическая статистическая обработка результатов исследований, в ходе которой «оценена корреляционная зависимость интересующих параметров, а также проведен регрессионный анализ результатов исследований» [61].

По «значению коэффициента достоверности ( $R^2 = 0,9814$ ) определили полиномиальный характер связи между степенью очистки образцов и продолжительностью мойки» [61] с активацией моющего раствора температурой 85-90°C центрифугой.

Из рисунка 4.2 следует, что с «повышением продолжительности мойки до 5 мин степень очистки образцов, как и в подразделе 4.1, улучшается, а при дальнейшем повышении она улучшается незначительно» [61]. Следовательно, 5-минутная мойка деталей будет рациональной.

### 4.3 Определение степени очистки деталей при активации раствора колебанием омывательной корзины

Исследовали связь между степенью очистки образцов и продолжительностью мойки в оригинальной моечной установке при активации моющего раствора температурой 85-90°C колебанием омывательной корзины.

Условия проведения экспериментов идентичны условиям, описанным в подразделе 4.1.

Результаты экспериментов приведены в таблице 4.6, а в виде графика – на рисунке 4.3.

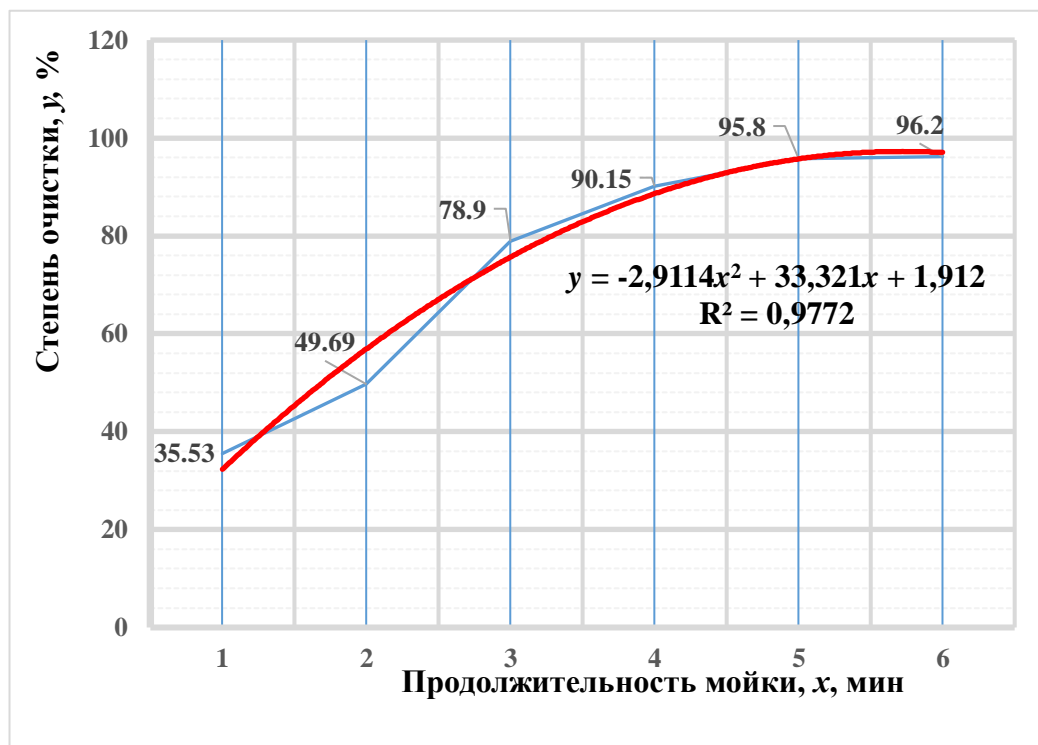


Рисунок 4.3 – Изменение степени очистки образцов в зависимости от продолжительности мойки с активацией моющего раствора температурой 85-90°C колебанием омывательной корзины

Также, как и в предыдущем подразделе, проведена математическая статистическая обработка результатов исследований по методике, описанной в подразделе 4.1, в ходе которой «оценена корреляционная зависимость интересующих параметров, а также проведен регрессионный анализ результатов исследований» [61].



Таблица 4.6 – Изменение степени очистки образцов в зависимости от продолжительности мойки с активацией моющего раствора колебанием омывательной корзины (форма таблицы из [113])

Продолжи тельность мойки, $x_i$ , мин	№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, $y_i$ , %	
		образца		загрязнения	образца после экспери- мента, $M_2$	загрязнения после экспери- мента, $\Delta M_2 = M_2 - M_0$	каждого образца	средняя по вариан- там
		чистого $M_0$	до эксперимента					
			с загряз- нением $M_1$	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,0	1	45,2135	47,3255	2,1123	46,5707	1,3572	35,75	35,53
	2	45,6177	47,7357	2,1182	47,0282	1,4105	33,41	
	3	45,5311	47,5996	2,0685	46,8467	1,3156	36,40	
	4	46,1273	48,1094	1,9820	47,4455	1,3182	33,49	
	5	46,0630	48,0665	2,0035	47,3070	1,2440	37,91	
2,0	6	45,4003	47,4127	2,0124	46,3966	0,9963	50,49	49,69
	7	45,3193	47,3510	2,0317	46,3563	1,0370	48,96	
	8	46,1476	48,2182	2,0705	47,2377	1,0901	47,35	
	9	45,3800	47,1675	1,7875	46,2929	0,9129	48,93	
	10	45,7224	47,6271	1,9047	46,6511	0,9287	51,24	

Продолжение таблицы 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3,0	11	45,3411	47,5451	2,2040	45,7656	0,4245	80,74	78,90
	12	46,1755	48,5789	2,4034	46,6300	0,4545	81,09	
	13	46,2284	48,3425	2,1141	46,6869	0,4585	78,31	
	14	46,1240	48,2470	2,1231	46,5911	0,4671	78,00	
	15	45,2286	47,2126	1,9842	45,6741	0,4455	77,55	
4,0	16	45,4586	47,3371	1,8785	45,6352	0,1766	90,60	90,15
	17	45,2036	47,2073	2,0037	45,3757	0,1721	91,41	
	18	45,2333	46,5323	1,2992	45,3576	0,1243	90,43	
	19	45,6791	47,7819	2,1027	45,8683	0,1892	91,00	
	20	45,9112	48,0143	2,1030	46,0725	0,1613	92,33	
5,0	21	45,9143	48,1536	2,2393	46,0159	0,1016	95,47	95,80
	22	46,1263	48,2608	2,1345	46,2159	0,0896	95,80	
	23	45,3324	47,4378	2,1054	45,4389	0,1065	94,94	
	24	46,2150	48,5490	2,3343	46,3130	0,0980	95,80	
	25	46,1570	48,3357	2,1787	46,2494	0,0924	95,76	
6,0	26	45,2621	47,1235	1,8614	45,3388	0,0767	95,88	96,20
	27	45,8166	48,1358	2,3192	45,9166	0,1000	95,69	
	28	45,2829	47,4967	2,2137	45,3769	0,0940	95,75	
	29	46,4532	48,2364	1,7833	46,5120	0,0588	96,70	
	30	46,3042	48,2985	1,9943	46,3663	0,0621	96,88	

По «значению коэффициента достоверности ( $R^2 = 0,9772$ ) определили полиномиальный характер связи между степенью очистки образцов и продолжительностью мойки» [61] с активацией моющего раствора температурой 85-90°C колебанием омывательной корзины.

Из рисунка 4.2 следует, что с «повышением продолжительности мойки до 5 мин степень очистки образцов, как и в подразделах 4.1 и 4.2, улучшается, а при дальнейшем повышении она улучшается незначительно» [61]. Следовательно, 5-минутная мойка деталей с активацией моющего раствора температурой 85-90°C колебанием омывательной корзины будет рациональной.

Сводный график изменения степени очистки образцов в зависимости от продолжительности мойки при различных вариантах активации моющего раствора в оригинальной моечной установке показан на рисунке 4.4.

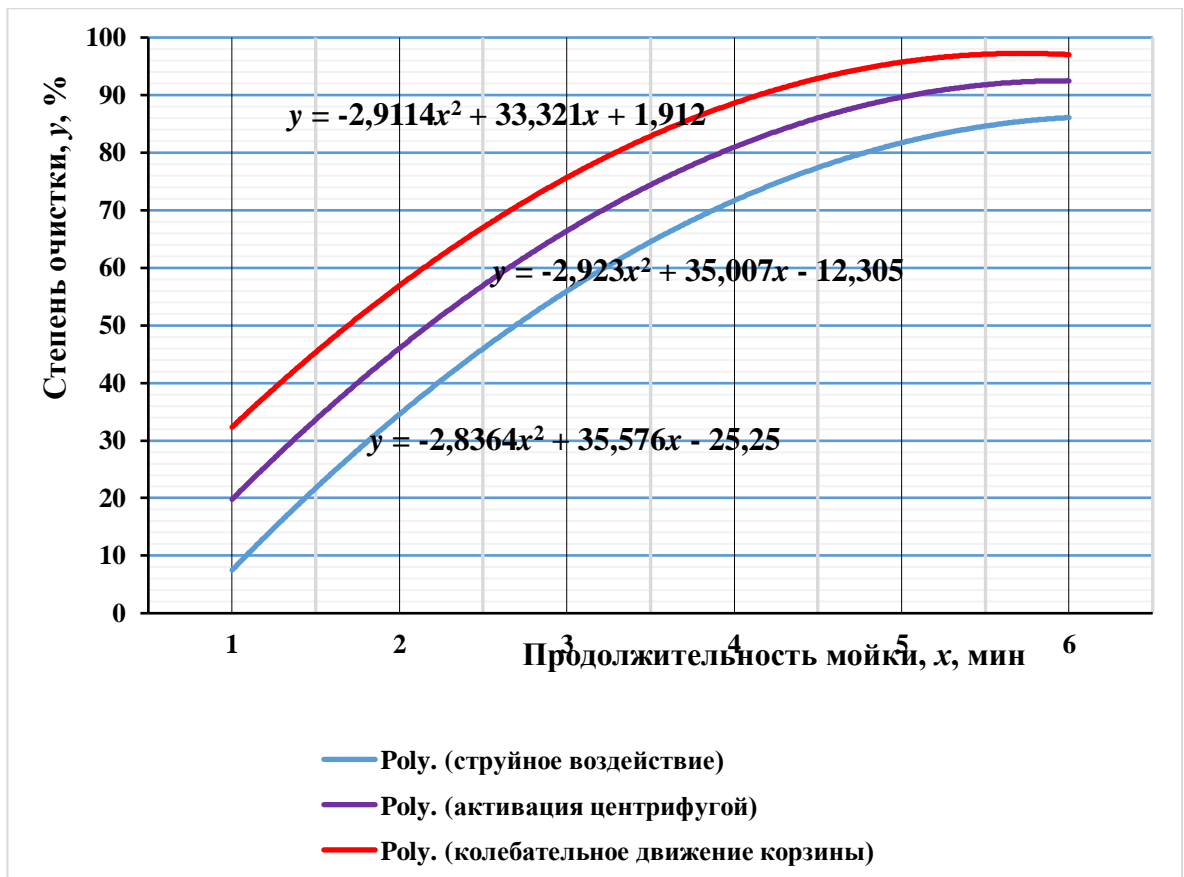


Рисунок 4.4 – Сводный график изменения степени очистки образцов в зависимости от продолжительности мойки при различных вариантах активации моющего раствора в оригинальной моечной установке

Из рисунка 4.4 видно, что из трех исследованных технологий мойки наиболее эффективной является технология мойки с активацией моющего раствора колебанием корзины с загрязненными деталями, так как при идентичных параметрах технологического процесса мойки степень очистки деталей при этом варианте имеет максимальное значение 96,2%, а при активации моющего раствора центрифугой – 91,0%, при использовании струйной мойки – 84,0%.

#### **4.4 Выводы по главе 4**

1. Доказано, что продолжительность мойки деталей 5 мин является рациональной, так как увеличение продолжительности мойки до 5 мин во всех трех вариантах мойки увеличивает степень очистки до 83,35%, 90,35% и 95,8% соответственно. Дальнейшее увеличение продолжительности мойки к существенному улучшению степени очистки не приводит. В связи с этим и в целях экономии материальных затрат принимаем продолжительность мойки 5 мин, как рациональную во всех исследованных вариантах мойки.

2. Зависимость степени очистки образцов в 7%-м водном растворе «Темп-100» с добавкой ТБА концентрацией 5 г/л от продолжительности мойки во всех исследованных вариантах мойки имеет полиномиальный характер.

3. Установлено, что из трех исследованных технологий мойки наиболее эффективной является технология мойки с активацией моющего раствора колебанием корзины с загрязненными деталями, так как при идентичных параметрах технологического процесса мойки степень очистки деталей при этом варианте имеет максимальное значение (96,2%), а при активации моющего раствора центрифугой – (91,0%), при использовании струйной мойки – (84,0%).

## ГЛАВА 5 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ И РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

### 5.1 Организация эксплуатации автомобилей после ремонта двигателя

«Производственную проверку разработанного способа активации раствора для мойки деталей двигателей автомобилей проводили в ООО «Рассвет» Клепиковского района Рязанской области (с. Давыдово). Технологический процесс ремонта агрегатов автотракторной техники на данном предприятии представлен на рисунке 1.1. Важным звеном в процессе ремонта машин является очистка от загрязнений и мойка деталей, т.к. от этого зависит качество их дефектовки, следовательно, качество ремонта и ресурс отремонтированной техники» [61].

Мойку деталей выполняли в установке собственного изготовления (рисунок 3.1) с применением 7%-го раствора «Темп-100» с добавкой ТБА в количестве 5 г/л. Методика использования, устройство, принцип и режимы работы оригинальной моечной установки описаны в подразделе 3.1.

Базой сравнения принята мойка деталей в этой же моечной установке с применением 7%-го раствора «Темп-100» с добавкой ТБА в количестве 5 г/л в режиме струйного воздействия раствора на загрязнения.

В моечной установке детали разобранных узлов и агрегатов укладываются на столе-корзине и обмываются различными технологиями мойки в зависимости от режима работы установки. Режимы мойки установки подробно рассмотрены в главе 3. Установка обеспечивает подогрев моющего раствора до 100°C.

Для проверки разработанной технологии активации моющего раствора «на учет принимали автомобили на базе шасси ГАЗ-3309 (обоснование выбора марки автомобиля приведена в подразделе 5.2), у которых в первый раз за время эксплуатации необходимо отремонтировать двигатель. В процессе ремонта детали

разобранного двигателя мыли с использованием» [61] одной из технологий активации раствора, которые указаны в таблице 5.3.

«Владельцы автомобилей обязывались соблюдать правила эксплуатации автомобиля после ремонта двигателя и перед следующим ремонтом двигателя передавать его наработку в километрах» [61].

Учет показателей пробега – обязательное условие точного определения актуального ресурса автомобиля, своевременного проведения ТО и ремонтных работ.

По таблице случайных чисел определили количество автомобилей, принимаемых на обследование – 10 единиц (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Нарботка автомобилей ГАЗ-3309 между ремонтами двигателя, км (форма таблицы из [113])

№№ п/п	Собственник автомобиля	Марка автомоби ля	Год выпуска	Марка двигателя	Фактическая наработка, км
1	ООО «Заря»	ГАЗ-3309	2005	Д-245.7Е2	274270
2	КФХ Косоногов В. А.	ГАЗ-3309	2004	Д-245.7Е2	249230
3	ФГБОУ ВО РГАТУ им. Костычева	ГАЗ-3309	2004	Д-245.7Е2	261560
4	ООО «ФД Букрино»	ГАЗ-3309	2008	Д-245.7Е2	223450
5	Филиал ООО «ИнвестАгро»	ГАЗ-3309	2001	Д-245.7Е2	247710
6	КФХ Крестьянинов В. В.	ГАЗ-3309	2005	Д-245.7Е2	253380
7	КФХ Рустамян А. В.	ГАЗ-3309	2005	Д-245.7Е2	286800
8	КФХ Симаков В. А.	ГАЗ-3309	2009	Д-245.7Е2	234290
9	КФХ Аверина С. Ю.	ГАЗ-3309	2006	Д-245.7Е2	242540
10	КФХ Фионин Н. Г.	ГАЗ-3309	2004	Д-245.7Е2	257550
Сумма					2530780

Средняя наработка двигателей составила:

$$L_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} = \frac{2530780}{10} = 253078 \text{ км.}$$

Снижение наработки ( $\Delta L$ ) двигателей в среднем по автомобилям составило:

$$\Delta L = \frac{L_{\text{нор.}} - L_{\text{ср.}}}{L_{\text{нор.}}} \cdot 100\% = \frac{300000 - 253078}{300000} \cdot 100\% = 15,64\%,$$

где  $L_{\text{нор.}} = 300000$  км – нормативный ресурс двигателей марки Д-245.7Е2.

«Согласно принятой методике необходимо определить межремонтный ресурс двигателей в зависимости от мойки деталей» [61] с использованием различных технологий активации моющего раствора. Количество обследуемых автомобилей по вариантам активации раствора «при нормальном законе распределения случайных чисел определяется по формуле» [61]:

$$N = \frac{t^2 \cdot \vartheta^2}{\varepsilon^2}, \quad (5.1)$$

«где  $\varepsilon$  – относительная ошибка экспериментов по разбросу ресурса обследованных тракторов;

$t = 1,96$  – нормированное отклонение ряда;

$\vartheta$  – коэффициент вариации ряда количества рассмотренных тракторов.

Коэффициент вариации определяется по выражению [113]:

$$\vartheta = \frac{S}{\bar{x}}, \quad (5.2)$$

где  $\bar{x}$  – среднеарифметическая величина результатов экспериментов;

$S$  – среднеквадратическое отклонение результатов предварительных экспериментов» [61].

Расчет статистических характеристик ряда выполняли по методике, описанной в [113]:

– размах ряда:  $x_{\text{max}} - x_{\text{min}} = 286800 - 223450 = 63350$  (км);

Ранжированный ряд ресурса двигателей приведен в таблице 5.2.

Имеем:

$$\sum_{i=1}^n x_i = 2530780 \text{ км};$$

– Среднее значение ряда:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{10} 2530780 = 253078;$$

Таблица 5.2 – Ранжированный ряд межремонтного ресурса двигателей

№№ объектов исследования	Межремонтный ресурс, $x_i$ , км	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
4	223450	-29628	877818384
8	234290	-18788	352988944
9	242540	-10538	111049444
5	247710	-5368	28815424
2	249230	-3848	14807104
6	253380	302	91204
10	257550	4472	19998784
3	261560	8482	71944324
1	274270	21192	449100864
7	286800	33722	1137173284
Сумма	2530780	0	3063787760

– Дисперсия:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{3063787760}{10-1} = 340420862,22;$$

– «Среднеквадратическое (стандартное) отклонение» [61]:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{110475,23} = 18450,5;$$

– «Коэффициент вариации» [61]:

$$v = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{18450,5}{253078} = 0,073 (7,3%);$$

– «Ошибка средней» [61]:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{18450,5}{\sqrt{10}} = 5834,56;$$

– «Относительная ошибка средней» [61]:

$$S_{\bar{x},\%} = \frac{S_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100\% = \frac{5834,56}{253078} \cdot 100\% = 2,31\%;$$

«Поскольку коэффициент вариации меньше 0,33 (33%), то распределение случайных чисел подчиняется нормальному закону [113].

Относительная изменчивость межремонтного ресурса двигателей составляет» [61]:

$$\varepsilon = \frac{286800 - 223450}{286800} 100\% = 22,1\%.$$



В исследованиях межремонтного ресурса подконтрольных двигателей мы не учитывали условия хранения автомобилей и уровень квалификация водителей, в связи с чем наблюдается завышенное значение  $\varepsilon = 22,1\%$ . Для расчетов принимаем  $\varepsilon = 5\%$  – данные передовых предприятий.

Тогда количество автомобилей по каждому варианту интенсификации раствора составит:

$$N = \frac{t^2 \cdot \vartheta^2}{\varepsilon^2} = \frac{1,96^2 \cdot 0,073^2}{0,05^2} = 8,22 \approx 9 \text{ автомобилей.}$$

Для большей достоверности принимаем  $N = 10$  автомобилей.

## 5.2 Выбор объекта для производственных испытаний

Объект производственных испытаний выбрали на основе результатов изучения парка автотракторной техники по Рязанской области и РФ.

«На первое января 2021 года в нашей стране было зарегистрировано 59,22 млн. транспортных средств. Львиная доля (76,3%) от этого количества приходится на легковые автомобили, которых числится 45,17 млн. единиц со средним возрастом 13,9 лет, 59% парка старше 10 лет. За последние десять лет (с 2010 по 2020 годы) парк легковых автомобилей увеличился на 30,8%. Отмечается, что из общего числа зарегистрированных в России легковых автомобилей большая часть числится в Москве – 3 819 215 автомобилей.

Также в России зарегистрировано 4,189 млн. лёгких коммерческих автомобилей, 3,773 млн. грузовиков полной массой более трёх с половиной тонн и 0,41 млн. автобусов (рисунок 5.6).

Если говорить об уровне автомобилизации страны, то можно отметить, что на тысячу жителей России приходится 313 легковых автомобилей» [141].

«Автопарк грузовых автомобилей в стране к 2021 году составил 6,56 миллиона, а парк грузовиков в России насчитывает 2 637 417 ед. грузовых машин. Средний возраст парка грузовых автомобилей – 17,7 года, 53% парка грузовых автомобилей старше 15 лет» [141].

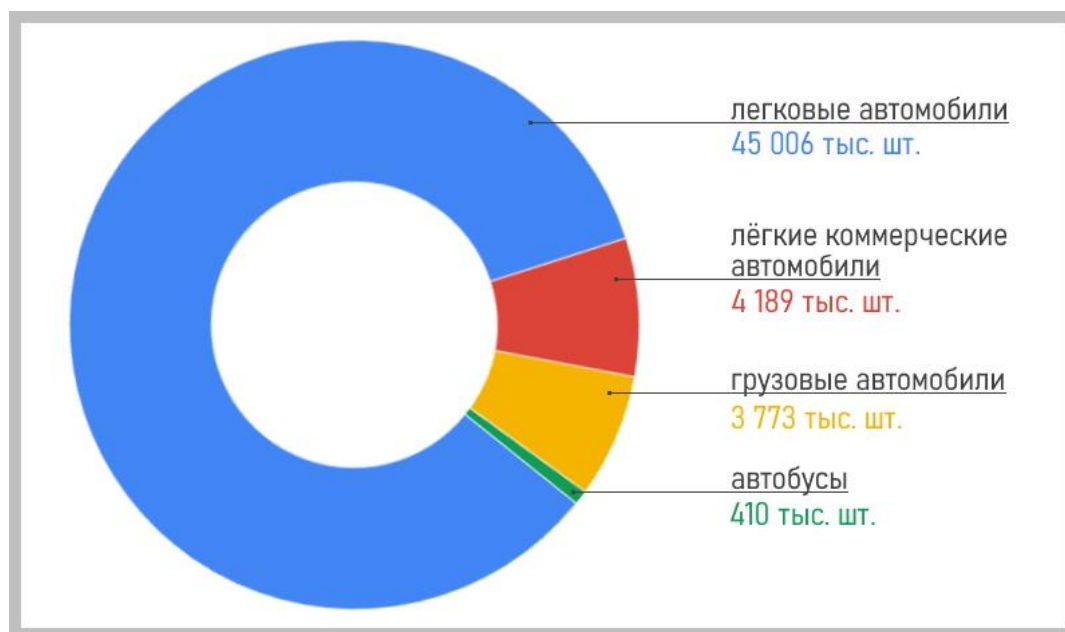


Рисунок 5.6 – «Структура парка автомобилей Российской Федерации по состоянию на 1 января 2021 г.» [141]

«Как следует из статистики, абсолютным лидером по продажам среди грузовых автомобилей являются среднетоннажные модели ГАЗ, к которым относятся автомобили ГАЗ-3309. Их в 2021 г. было реализовано 8159 шт., это на 28% больше, чем в 2020 г. Наибольшее количество автомобилей ГАЗ-3309 было реализовано в виде специальной техники для ЖКХ и АПК. Доля автомобилей ГАЗ в сегменте среднетоннажных грузовиков в 2020-2021 гг. составила 67-69%. Грузовики «Газон» не облагаются тарифом «Платона» за проезд по федеральным трассам, поскольку весят меньше 12 т. Он сейчас составляет 2,35 руб. за километр, но должен увеличиться до 2,44 руб. с 1 февраля 2021 г. Это делает «Газоны» более привлекательными для малого и среднего бизнеса с потребностью в междугородной перевозке продуктов питания и потребительских товаров» [150].

Специализированные машины на базе шасси автомобиля ГАЗ-3309 широко используются на предприятиях АПК (рисунки 5.1-5.4).

«Автоцистерны на базе шасси ГАЗ-3309 предназначены для транспортировки и кратковременного хранения пищевых жидкостей. Идеально

подходят для обслуживания животноводческих ферм (для перевозки молока), сельхозбригад (для поставки питьевой воды) и для перевозки живой рыбы до точек продаж или при смене водоемов. Автоцистерна безопасна в эксплуатации, оборудована поручнями и удобными площадками. Термоизоляция цистерны позволяет сохранять внутреннюю температуру в течение длительного срока. Цистерны могут быть изготовлены одно- и двухсекционными» [143].



Рисунок 5.1 – Автоцистерна на базе шасси ГАЗ-3309



Рисунок 5.2 – Машина вакуумная на базе шасси ГАЗ-3309

«Машины вакуумные предназначены для вакуумной очистки выгребных ям и канализационных колодцев, транспортирования и выгрузки в местах утилизации жидких отходов, не содержащих горючих и взрывоопасных веществ. Широко применяются транспортными организациями при оказании различных услуг предприятиям, не имеющим собственного автомобильного транспорта. Особо используются в предприятиях по удалению, очистке сточных вод и пр. Широко используются в малом бизнесе, при оказании услуг по очистке сливных ям на личных и приусадебных участках. Для организации

работ мобильных туалетных кабинок, возможно изготовление автомобиля со специальной площадкой для перевозки 2-х кабинок и баком для чистой воды» [144].

«Автомобиль-самосвал идеально подходит для вывоза и механизированной разгрузки всякого вида мусора, в т.ч. строительного, и прочих мелкосыпучих грузов. Конструкция платформы позволяет осуществлять трехстороннюю разгрузку, что делает его незаменимым в условиях работы в ограниченных для движения пространствах. Широко применяется транспортными предприятиями при оказании услуг населению и прочей коммерческой деятельности, т.к. может использоваться как бортовой грузовик. Как автомобиль двойного назначения идеально подходит для малого бизнеса при оказании услуг по перевозке различных грузов. Автомобиль может быть изготовлен с боковой и задней загрузкой. Механизм опрокидывания платформы – гидравлический с приводом от телескопического гидроцилиндра» [145].



Рисунок 5.3 – Автомобиль-самосвал на базе шасси ГАЗ-3309

«Автотопливозаправщики (автоцистерны) одно и двухсекционные предназначены для транспортировки и временного хранения нефтепродуктов. Кроме этого, применяются в химической промышленности для транспортировки жидких реагентов, не требующих дополнительных температурных режимов. Топливозаправщики АТЗ предназначены для транспортировки, кратковременного хранения и заправки светлыми нефтепродуктами плотностью не более 0,83 т/м<sup>3</sup>. Автомобиль незаменим при

наличии участков, расположенных на различном удалении, где эксплуатируется специализированная техника (бульдозеры, трелевщики, самоходные краны и другие механизмы, требующие заправки жидким топливом). Для ее заправки на месте работы с учетом объема выдаваемого топлива. Для обслуживания труднодоступных районов возможно исполнение на базе полноприводного автомобиля ГАЗ 33081» [146].



Рисунок 5.4 – Автотопливозаправщик на базе шасси ГАЗ-3309

#### «Техническая характеристика автомобиля ГАЗ-3309

- Тип автомобиля – двухосный, грузовой, с приводом на заднюю ось;
- Грузоподъемность – 4,5 т;
- Габаритные размеры, мм – 6436×2700×2350;
- База, мм – 3770;
- Колея передних колес, мм – 1630;
- Колея задних колес (между серединами двойных скатов), мм – 1630;
- Дорожный просвет автомобиля при полной нагрузке, мм – 265;
- Радиус поворота автомобиля по оси переднего внешнего колеса, м – 8;
- Наибольшая скорость с полной нагрузкой, км/ч – 95;
- Коробка передач – механическая, 5-ступенчатая;
- Главная передача – коническая, гипоидного типа;
- Расход топлива при движении со скоростью, л/100 км:
  - ❖ 60 км/ч – 14,5;
  - ❖ 80 км/ч – 19,3» [147];
- «Двигатель – Д-245.7 ЕЗ – дизельный, 4-тактный, с турбонаддувом, жидкостного охлаждения (рисунок 5.5);
  - Диаметр цилиндра и ход поршня, мм – 110×125;
  - Степень сжатия – 17;
  - Рабочий объем, л – 4,75;

- Номинальная мощность, кВт (л.с.) при частоте вращения коленчатого вала:
  - ❖ 2400 мин<sup>-1</sup> – 87,5 (119);
  - ❖ 3200 мин<sup>-1</sup> – 83,0 (113);
- Максимальный крутящий момент, Н×м (кгс×м):
  - ❖ 1300-1600 мин<sup>-1</sup> – 413 (42);
  - ❖ 2000-2500 мин<sup>-1</sup> – 294,3 (30);
- Система смазки – комбинированная, под давлением и разбрызгиванием;
- Система охлаждения – жидкостная, закрытая, с принудительной циркуляцией жидкости;
- Масса, кг – 530;
- Ресурс двигателя, км – 300000» [148].



Рисунок 5.5 – Двигатель ММЗ серии Д245.7

«Двигатель ММЗ (Минский моторный завод) серии Д245.7 устанавливается на автобусы общего назначения полной массой до 8 т, грузовые автомобили полной массой до 8 тонн, а также на одиночные грузовые автомобили, самосвалы, шасси, автобусы с колесной формулой 4×2 и 4×4 полной массой до 12 тонн, полной массой до 12 тонн и автопоезда на их базе полной массой до 18 тонн. Имеют удачную конструкцию и оказались перспективными для модернизаций. На основе этого агрегата в 1992 году был разработан первый автомобильный дизель, нашедший применение на грузовиках ЗИЛ. В 2000-х годах появилось и стало развиваться семейство

Д-245.7, которое сегодня получило широчайшее применение на среднетоннажных грузовиках ГАЗ, автобусах ПАЗ и многих других автомобилях» [149].

«В целях обеспечения бесперебойной и безаварийной работы, а также для увеличения срока эксплуатации и экономичности, автомобиль должен проходить плановое и регулярное техническое обслуживание» [61]. «Для этого предусмотрена следующая периодичность технического обслуживания автомобилей ГАЗ-3309: обслуживание А (ТО-1) – через каждые 5000 км пробега; обслуживание Б (ТО-2) – через каждые 20000 км пробега; обслуживание В – сезонное обслуживание один раз в год (совмещается с одним из очередных периодических обслуживаний)» [79].

Сервисное обслуживание двигателя Д-245.7 также, как и самого автомобиля ГАЗ-3309, проводится в такой же периодичности [26].

«По данным Рязаньстата, по рязанским дорогам на сегодняшний день ежедневно ездит 451,2 тысячи легковых автомобилей, 6,2 тысячи автобусов, 66,3 тысячи грузовых автомобилей. В сфере автомобильного транспорта задействовано 4,8 тысяч человек со средней зарплатой 22,1 тысяча рублей. Около 20% парка грузовых автомобилей занято в сельском хозяйстве области, при этом в основном эта доля представлена среднетоннажными грузовиками ГАЗ, где лидируют автомобили ГАЗ-3309» [61].

«Сельское хозяйство Рязанской области отличается относительно большими размерами площадей – в 2017 году вся посевная площадь составила 911,3 тыс. га (это 5,8% от всех посевных площадей в ЦФО, 7-е место среди субъектов ЦФО). В 2017 году в структуре сельского хозяйства Рязанской области преобладала отрасль растениеводства, доля продукции которой составила 59,0%, доля продукции животноводства – 41,0% [24].

Основные отрасли сельского хозяйства Рязанской области: молочное животноводство, свиноводство, птицеводство, производство зерна, сахарной свеклы, масличных культур и кормопроизводство [21].

На 1 января 2017 года парк основной сельскохозяйственной техники области насчитывает 4782 трактора, 1428 зерноуборочных комбайнов, 287 кормоуборочных комбайнов и около 11,5 тысяч грузовых автомобилей.

Анализ наличия автотракторной техники по срокам эксплуатации показывает, что в сельхозпредприятиях значительное количество техники (от 36 до 62%) эксплуатируется со сроком эксплуатации более 10 лет» [61].

Из анализа парка грузовых автомобилей видно, что лидером грузового парка являются среднетоннажные грузовики ГАЗ-3309. В связи с этим для подконтрольной эксплуатации принимаем эти автомобили.

Отказы автотракторной техники «по данным мониторинга качества в условиях реальной эксплуатации, проведенного в 2013-2017 годах (проведено ФГБУ МИС в 2012-2017 годах в рамках государственного задания):

- ДВС – 35,1%;
- гидросистема – 18,4%;
- трансмиссия – 12,4% и т. д.» [61].

Данные мониторинга доказывают, что большинство отказов автотракторной техники связано с отказами двигателя. На основе анализа парка автомобилей Рязанской области и РФ, а также данных мониторинга отказов автотракторной техники для подконтрольной эксплуатации принимаем среднетоннажные грузовики ГАЗ-3309 с двигателями марки Д-245.7Е2.

### **5.3 Результаты эксплуатации автомобилей с отремонтированным двигателем**

Исследовали две группы автомобилей в соответствии с технологией мойки деталей их двигателей (таблица 5.3).

Таблица 5. 3 – Варианты исследований

№№ вариантов	Технологии мойки деталей
1	Мойка деталей струйным воздействием
2	Активация моющего раствора вибрацией корзины с деталями



В процессе производственных испытаний определяли межремонтный ресурс двигателей по группам автомобилей в соответствии с технологией мойки деталей их двигателей. Результаты приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Межремонтный ресурс двигателей Д-245.7Е2 по автомобилям

№ № п/ п	Собственник автомобиля	Марка автомо биля	Год выпуска	Марка двигателя	Ресурс отремонтиро- ванного двигателя, х, км
1	2	3	4	5	6
Мойка методом струйного воздействия					
1	ООО «Заря»	ГАЗ-3309	2005	Д-245.7Е2	274270
2	КФХ Косоногов В. А.	ГАЗ-3309	2004	Д-245.7Е2	249230
3	ФГБОУ ВО РГАТУ им. Костычева	ГАЗ-3309	2004	Д-245.7Е2	261560
4	ООО «ФД Букрино»	ГАЗ-3309	2008	Д-245.7Е2	223450
5	Филиал ООО «ИнвестАгро»	ГАЗ-3309	2001	Д-245.7Е2	247710
6	КФХ Крестьянинов В. В.	ГАЗ-3309	2005	Д-245.7Е2	253380
7	КФХ Рустамян А. В.	ГАЗ-3309	2005	Д-245.7Е2	286800
8	КФХ Симаков В. А.	ГАЗ-3309	2009	Д-245.7Е2	234290
9	КФХ Аверина С. Ю.	ГАЗ-3309	2006	Д-245.7Е2	242540
10	КФХ Фионин Н. Г.	ГАЗ-3309	2004	Д-245.7Е2	257550
Среднее значение $\bar{x} = 253078$ ; Стандартное отклонение $S = 18450,5$ ; Коэффициент вариации $\vartheta = 0,073 (7,3\%)$					
Мойка колебанием корзины с деталями					
1	ООО «Мурминское»	ГАЗ-3309	2005	Д-245.7Е2	285340
2	СПК «Вышгородский»	ГАЗ-3309	2004	Д-245.7Е2	278770
3	ООО «АгроКапитал»	ГАЗ-3309	2004	Д-245.7Е2	272520

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3	4	5	6
4	ООО «Орион»	ГАЗ-3309	2008	Д-245.7Е2	255430
5	АО «Рассвет»	ГАЗ-3309	2001	Д-245.7Е2	2491160
6	ООО агрофирма «Прио-ресурс»	ГАЗ-3309	2005	Д-245.7Е2	265620
7	АО «Окская птицефабрика»	ГАЗ-3309	2005	Д-245.7Е2	275350
8	АО «Рязанский свинокомплекс»	ГАЗ-3309	2009	Д-245.7Е2	252310
9	ООО «Авангард»	ГАЗ-3309	2006	Д-245.7Е2	263120
10	ООО «Заря»	ГАЗ-3309	2004	Д-245.7Е2	249440
Среднее значение $\bar{x} = 264778$ ; Стандартное отклонение $S = 19245,3$ ; Коэффициент вариации $v = 0,086 (8,6\%)$					

«По значениям коэффициентов вариации (не превышают 0,33), полученным в процессе статистической обработки результатов исследований, можно утверждать, что они по всем вариантам экспериментов подчиняются закону нормального распределения» [61].

Данные таблицы 5.4 показывают, что при мойке деталей активацией моющего раствора колебанием корзины с деталями получены результаты, намного превосходящие результаты мойки методом струйного воздействия.

Вместе с улучшением качества мойки деталей активация моющего раствора колебанием корзины с деталями способствует увеличению межремонтного ресурса двигателей.

В таблице 5.5 приведены сравнительные результаты мойки деталей струйным воздействием и активацией моющего раствора колебанием корзины с деталями в 7%-м растворе «Темп-100» в смеси с ТБА концентрацией 5 г/л.

Для сравнительного анализа результатов мойки деталей с использованием двух исследуемых технологий в качестве базового принята технология мойки с использованием метода струйного воздействия.

Таблица 5.5 – Сводная таблица результатов испытаний

№ № п/п	Технологии мойки деталей	Средний ресурс отремонтирован- ных двигателей, <i>x</i> , км	Стандарт- ное отклоне- ние, <i>S</i>	Коэффициент вариации, <i>ϑ</i>
1	Мойка деталей струйным воздействием	253078	18450,5	0,073 (7,3%)
2	Активация моющего раствора колебанием корзины с деталями	264778	19245,3	0,086 (8,6%)

Данные таблицы 5.5 позволяют сделать вывод, что технология мойки с активацией моющего 7%-го раствора «Темп-100» с добавкой ТБА в количестве 5г/л колебанием корзины с деталями может быть рекомендована для мойки деталей агрегатов автотракторной техники на предприятиях АПК и АТК.

#### 5.4 Экономический эффект от внедрения результатов исследования

Расчет экономического эффекта от применения технологии мойки с активацией моющего раствора колебанием корзины с деталями проведен по методике, описанной в [113].

Исходные данные:

- мойка с использованием метода струйного воздействия 7%-го раствора «Темп-100» в смеси с ТБА концентрацией 5 г/л – база сравнения;
- мойка с активацией моющего 7%-го раствора «Темп-100» с добавкой ТБА в количестве 5г/л колебанием корзины с деталями.

Расчеты произведены на межремонтный ресурс автомобилей по двум вариантам (рисунок 5.7).

Мойка деталей в 7%-м растворе «Темп-100» в смеси с ТБА концентрацией 5 г/л с активацией моющего раствора колебанием корзины с деталями способствует увеличению межремонтного ресурса двигателей в сравнении с мойкой методом струйного воздействия (рисунок 5.7) на 11700 км (на 4,6%).

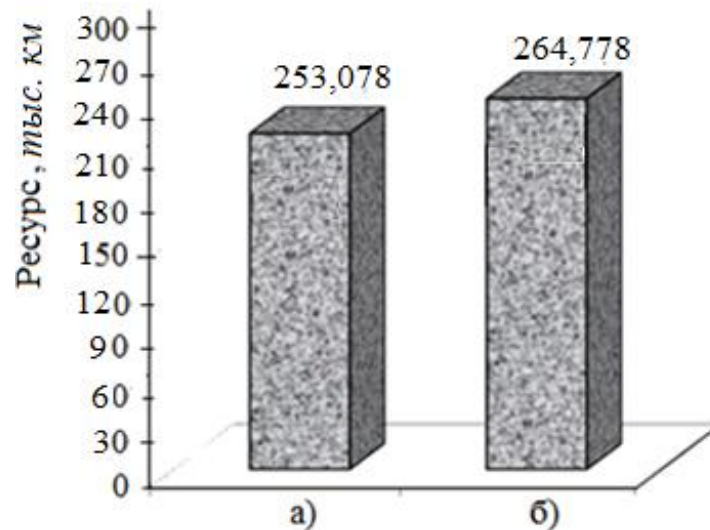


Рисунок 5.7 – Межремонтный ресурс двигателей, детали которых вымыты в 7%-х растворах «Темп-100» с добавкой ТБА концентрацией 5 г/л:  
 а) с использованием метода струйного воздействия (253078 км);  
 б) с активацией моющего раствора колебанием корзины с деталями (264778 км)

Экономический эффект от применения технологии мойки с активацией моющего раствора колебанием корзины с деталями ( $\mathcal{E}_{\text{вibr.}}$ , руб.) по отношению к технологии мойки методом струйного воздействия определяется как произведение разности удельных затрат при мойке деталей методом струйного воздействия ( $C_{\text{струй}}^{\text{общ.}}$ , руб./км) и с колебанием корзины с деталями ( $C_{\text{вibr}}^{\text{общ.}}$ , руб./км) ТБА на межремонтный ресурс ( $L_{\text{нар. vibr.}}$ , км) двигателей, детали которых вымыты активацией моющего раствора колебанием корзины с деталями.

$$\mathcal{E}_{\text{вibr.}} = (C_{\text{струй}}^{\text{общ.}} - C_{\text{вibr}}^{\text{общ.}}) \times L_{\text{нар. vibr.}} \quad (5.3)$$

«Общие удельные затраты определяются как сумма удельных затрат на разовую мойку и удельных затрат на один ремонт двигателя.

Затраты на мойку деталей определяем как сумму затрат на заработную плату  $C_{\text{з/п}}$ , на электроэнергию  $C_{\text{э}}$ , на приобретение моющих средств  $C_{\text{Темп-100}}$ , на амортизацию оборудования  $C_{\text{ам.}}$  и накладных расходов  $C_{\text{накл.}}$ .

$$C = C_{\text{з/п}} + C_{\text{э}} + C_{\text{Темп-100}} + C_{\text{ам.}} + C_{\text{накл.}} \quad (5.4)$$

Расходы на заработную плату:

$$C_{з/п} = C_1 \times t_m \times K \times N, \quad (5.5)$$

где  $C_1$  – тарифная ставка мойщика 1-го разряда, руб./ч;

$t_m$  – трудоемкость мойки деталей одного двигателя, чел.-ч;

$K$  – тарифный коэффициент;

$N$  – количество моек деталей одного двигателя за цикл эксплуатации трактора.

Тарифная ставка мойщика 1-го разряда определяется как» [113]:

$$C_1 = \frac{МРОТ}{149} = \frac{12792}{149} = 85,85 \text{ руб.};$$

«Тарифный коэффициент работника 2-го разряда с вредными условиями труда  $K = 1,23$ » [61].

Хронометражным наблюдением установили трудоемкость мойки деталей в оригинальной моечной установке собственного изготовления, которая составила  $t_m = 40$  мин. (таблица 5.6).

Таблица 5.6 – Трудоемкость мойки деталей в оригинальной моечной установке (форма таблицы из [113])

№№ п/п	Вид операции	Трудоемкость, чел. мин
1	Наружная очистка деталей от грубых загрязнений	7-12
2	Подбор партии деталей по габаритным размерам	6-8
3	Загрузка деталей на моечный стол камеры	4-6
4	Мойка деталей	5
5	Выдержка после мойки партии деталей	5-10
6	Выемка вымытых деталей из камеры моечной установки	5-10
Итого		32-51

«Заработная плата за мойку одной партии деталей» [61]:

$$C_{з/п} = 85,85 \times 1,23 \times 40 \times 60^{-1} = 70,40 \text{ руб.}$$

«Принимаем: страховые отчисления на заработную плату 30%; премиальные –

20%» [61]. Тогда:

$$C_{з/п} = 70,40 \times 1,3 \times 1,2 = 109,82 \text{ руб.};$$

Расходы на приобретение СМС определяются «по формуле:

$$C_{\text{Темп-100}} = V \times K \times Ц_{\text{Темп-100}}, \text{ руб./ванна,} \quad (5.6)$$

где  $V$  – емкость ванны, л (70 л);

$K$  – количество моющего состава в 1000 л воды, кг/1000 л;

$Ц_{\text{Темп-100}} = 36,00 \text{ руб./кг}$  – цена 1 кг «Темп-100», руб./кг.

Для приготовления 70 л 7%-го раствора нужно «Темп-100» на сумму» [61]:

$$C_{\text{Темп-100}} = 70 \times \frac{70}{1000} \times 36,00 = 176,40 \text{ руб.}$$

Расходы на приобретение ТБА на одну ванну раствора:

$$C_{\text{ТБА}} = 70 \times \frac{5}{1000} \times 395,00 = 138,25 \text{ руб.}$$

Общая стоимость моющего раствора:

$$C_{\text{Темп-100+ТБА}} = C_{\text{Темп-100}} + C_{\text{ТБА}} = 176,4 + 138,25 = 314,65 \text{ руб.}$$

«В процессе многократного использования в моющем растворе скапливаются загрязнения, поэтому моющий раствор в установках необходимо менять через каждые 2-3 мойки. Все это зависит от степени загрязнения раствора.

За одну рабочую смену обычно производят мойку 2-3 партий деталей. Следовательно, стоимость моющих средств на мойку одной партии деталей составит» [61]:

$$C_{\text{Темп-100+ТБА}}^1 = \frac{314,65}{3 \cdot 3} = 34,96 \text{ руб.}$$

Сумма расходов на электроэнергию:

$$C_{э} = C_{э. \text{раз.}} \times K \times Ц_{\text{кВт}\cdot\text{ч.}}, \quad (5.7)$$

«где  $C_{э. \text{раз.}}$  – расход электроэнергии на подогрев раствора до 85-90°C, руб.;

$K$  – коэффициент, учитывающий расход электроэнергии для поддержания необходимой температуры раствора;

$Ц_{\text{кВт}\cdot\text{ч.}} = 6,00$  – цена 1 кВт·ч электроэнергии для сельхозпредприятий, руб./кВт·ч.» [61].

Для оригинальной моечной установки сумма расходов на электроэнергию

на одну мойку определится «по формуле:

$$C_3^1 = \left(\frac{1}{3} \times \mathcal{E}_{\text{э. под.}} \times K + \mathcal{E}_{\text{нас.}} + \mathcal{E}_{\text{дв. кшм}}\right) \times \Pi_{\text{кВт}\cdot\text{ч.}}; \quad (5.8)$$

$$\mathcal{E}_{\text{нас.}} = N_{\text{нас.}} \times t, \quad (5.9)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{э. под.}} = 1 \times 3 \times 0,5 = 1,5$  кВт – расход электроэнергии на подогрев раствора до температуры 85-90°C, кВт;

$\mathcal{E}_{\text{нас.}} = 1 \times 1 \times 2,2 = 2,2$  кВт – расход электроэнергии электродвигателем насоса, кВт» (1 мин. на заполнение емкости моечной машины);

$N_{\text{нас.}} = 1 \times 2,2 = 2,2$  кВт – мощность электродвигателя насоса;

$$\mathcal{E}_{\text{дв. кшм}} = N_{\text{дв.}} \times t = 2,2 \times \frac{5}{60} = 0,18 \text{ кВт};$$

« $t = 5$  мин – продолжительность мойки деталей, ч.» [61].

$$C_3^1 = \left(\frac{1}{3} \times 1,5 \times 2,5 \times 1,05 + 2,2 \cdot \frac{1}{60} + 2,2 \cdot \frac{5}{60}\right) \times 6,00 = 9,20 \text{ руб.}$$

«Принимаем: затраты на амортизацию и ремонт оборудования 14,4%; годовая занятость машины 800 ч.» [61]; стоимость изготовления установки 62000 руб. Следовательно:

$$C_{\text{ам.}} = 62000 \times 0,144 \times \frac{5}{60} \times \frac{1}{800} = 0,93 \text{ руб./ч.}$$

«Накладные расходы составляют 15% от заработной платы» [113]:

$$C_{\text{накл.}} = 0,15 \cdot C_{\text{з/п}} = 0,15 \times 109,82 = 16,5 \text{ руб.}$$

Стоимость одной мойки с использованием технологии мойки с активацией моющего раствора колебанием омывательной корзины «в 7%-м растворе «Темп-100» с добавкой ТБА концентрацией 5 г/л» [113]:

$$\begin{aligned} C^{\text{вibr.}} &= C_{\text{з/п}} + C_3 + C_{\text{Темп-100+ТБА}}^1 + C_{\text{ам.}} + C_{\text{накл.}} = \\ &= 109,82 + 9,2 + 34,96 + 0,93 + 16,5 = 171,41 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Удельная стоимость одной мойки с использованием технологии мойки с активацией моющего раствора колебанием корзины с деталями в 7%-м растворе «Темп-100» с добавкой ТБА концентрацией 5 г/л при межремонтной наработке двигателя 264778 км составит:

$$C_{\text{вibr. уд. мойки}}^{\text{вibr.}} = \frac{C_{\text{вibr.}}}{L_{\text{вibr.}}} = \frac{171,41}{264778} = 0,00064 \text{ руб./км};$$

Стоимости одной мойки в 7%-м растворе «Темп-100» с добавкой ТБА в количестве 5 г/л с использованием технологии мойки с активацией моющего раствора колебанием корзины с деталями и мойки воздействием струи отличаются друг от друга тем, что при струйной мойке затраты на заполнение бака моющим раствором, на привод КШМ исключаются, но прибавляются затраты на привод насоса подачи моющего раствора на продолжительность мойки  $t = 5$  мин., т.е. стоимость электроэнергии на разовую мойку воздействием струи будет:

$$C_3^1 = \left( \frac{1}{3} \times 1,5 \times 2,5 \times 1,05 + 2,2 \cdot \frac{5}{60} \right) \times 6,00 = 8,96 \text{ руб.}$$

Тогда стоимость одной мойки в 7%-м растворе «Темп-100» с добавкой ТБА в количестве 5 г/л с использованием струйной мойки:

$$\begin{aligned} C_{\text{струй.}} &= C_{\text{з/п}} + C_3 + C_{\text{Темп-100+ТБА}}^1 + C_{\text{ам.}} + C_{\text{накл.}} = \\ &= 109,82 + 8,96 + 34,96 + 0,93 + 16,5 = 171,17 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Удельная стоимость одной мойки с использованием технологии струйной мойки 7%-м раствором «Темп-100» с добавкой ТБА концентрацией 5 г/л при межремонтной наработке двигателя 253078 км составит:

$$C_{\text{струй. уд. мойки}} = \frac{C_{\text{струй}}}{L_{\text{струй}}} = \frac{171,17}{253078} = 0,00068 \text{ руб./км;}$$

Данные сведем в таблицу 5.7.

Таблица 5.7 – Стоимости одной мойки с разными технологиями активации раствора, в рублях

№№ п/п	Моющий раствор	Стоимость одной мойки, руб.
1	Мойка деталей струйным воздействием	171,17
2	Активация моющего раствора колебанием корзины с деталями	171,41

Из таблицы 5.7 видно, что активация моющего раствора колебанием корзины с деталями «повышает стоимость мойки одной партии деталей на



0,24 руб. в сравнении с мойкой» [61] деталей струйным воздействием за цикл эксплуатации.

Но применение технологии мойки с активацией моющего раствора колебанием корзины с деталями увеличивает межремонтный ресурс двигателей на 11700 км. (4,6%), что сокращает удельные расходы на их ремонт. Если стоимость ремонта двигателя Д-245.7, не учитывая стоимости запасных частей, принимаем равной  $C_{\text{рем.дв.}} = 36000$  руб., то удельная стоимость его ремонта составит:

– при мойке струйным воздействием:

$$C_{\text{струй}}^{\text{уд. рем. дв.}} = \frac{C_{\text{рем.дв.}}}{L_{\text{струй.}}} = \frac{36000}{253078} = 0,142 \text{ руб./км};$$

– при мойке активацией моющего раствора колебанием корзины:

$$C_{\text{вибр.}}^{\text{уд. рем. дв.}} = \frac{C_{\text{рем.дв.}}}{L_{\text{вибр.}}} = \frac{36000}{264778} = 0,136 \text{ руб./км};$$

– общие удельные затраты при мойке струйным воздействием:

$$\begin{aligned} C_{\text{струй}}^{\text{уд. общ.}} &= C_{\text{струй}}^{\text{уд. мойки}} + C_{\text{струй.}}^{\text{уд. рем. дв.}} = 0,00068 + 0,142 = \\ &= 0,14268 \text{ руб./км}; \end{aligned}$$

– общие удельные затраты при мойке активацией моющего раствора колебанием корзины:

$$\begin{aligned} C_{\text{вибр}}^{\text{уд. общ.}} &= C_{\text{вибр}}^{\text{уд. мойки}} + C_{\text{вибр.}}^{\text{уд. рем. дв.}} = 0,00064 + 0,136 = \\ &= 0,13664 \text{ руб./км}. \end{aligned}$$

Результаты сведем в таблицу 5.8.

Экономический эффект от мойки активацией моющего раствора колебанием корзины с деталями по отношению к мойке деталей струйным воздействием в 7%-м растворе «Темп-100» с добавкой ТБА концентрацией 5 г/л достигается за счет увеличения межремонтного ресурса отремонтированных двигателей на 4,6% (на 11700 км) и в расчете на один отремонтированный двигатель составит:

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{эф.}} &= (C_{\text{струй}}^{\text{уд. общ.}} - C_{\text{вибр.}}^{\text{уд. общ.}}) \times L_{\text{нар. вибр}} = \\ &= (0,14268 - 0,13664) \times 264778 = 1599,26 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Таблица 5.8 – Общие удельные затраты в зависимости технологии мойки (форма таблицы из [113])

Технология мойки	Стоимость разовой мойки, руб.	Средний ресурс экспериментальных двигателей, км	Удельная стоимость, руб./км		Общие удельные затраты, руб./км
			разовой мойки	ремонта ДВС	
Мойка деталей струйным воздействием	171,17	253078	0,00068	0,142	0,14268
Активация моющего раствора колебанием корзины с деталями	171,41	264778	0,00064	0,136	0,13664

### 5.5 Выводы по главе 5

1. Производственную проверку технологии мойки деталей двигателей Д-245.7Е4 автомобилей ГАЗ-3309 активацией моющего раствора колебанием корзины с деталями проводили в ООО «Рассвет» Рязанской области. В ходе испытаний определяли влияние технологии мойки активацией моющего раствора колебанием корзины с деталями на межремонтный ресурс двигателей подконтрольных автомобилей. Мойку деталей осуществляли в моечной машине собственного изготовления.

2. Исследование парка автомобилей АПК Рязанской области и РФ по состоянию на 1 января 2021 г. показало, что по количеству лидируют среднетоннажные грузовые автомобили ГАЗ-3309. Отказы автотракторной техники при эксплуатации в основном наступают из-за поломок в системах двигателя (около 35%). Следовательно, для производственных испытаний результатов исследований принимаем автомобили ГАЗ-3309 с двигателем Д-245.7Е4.

3. Межремонтный ресурс двигателей испытываемых автомобилей по двум вариантам технологии мойки деталей составили 253078 и 264778 км. При применении технологии мойки деталей с активацией моющего раствора

колебанием корзины в сравнении с мойкой струйного воздействия ресурс двигателей увеличивается на 4,6%.

4. Экономический эффект (руб.) от применения мойки активацией моющего раствора колебанием корзины по отношению к мойке струйного воздействия на один двигатель составляет 1599,26 руб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Определена возможность повышения ресурса двигателей автотракторной техники в процессе ремонта за счет совершенствования технологического процесса мойки деталей при их ремонте.

2. Повышена степень очистки деталей от загрязнений в 7%-м растворе «Темп-100» в смеси с ТБА концентрацией 5 г/л путем совершенствования активации моющего раствора колебанием корзины.

3. Установлено, что зависимости степени очистки образцов от продолжительности мойки при всех исследованных технологиях мойки деталей описываются уравнением полиномиальной зависимости 2-й степени. Экспериментально обоснована рациональная продолжительность мойки деталей автотракторной техники в процессе ее ремонта при различных способах активации моющего раствора – 5 минут. При такой продолжительности мойки степень очистки деталей достигает значения 96,2% при активации моющего раствора колебанием корзины, 91,0% – при активации моющего раствора центрифугой, 84,0% – при использовании струйной мойки, что позволяет определить активацию моющего раствора колебанием оmyвательной корзины, как наиболее эффективный способ.

4. Производственные испытания результатов диссертационной работы, проведенные в ООО «Рассвет» Рязанской области, показали, что межремонтный ресурс двигателей автомобилей ГАЗ-3309 при мойке деталей активацией моющего раствора колебанием корзины с деталями (264778 км) в сравнении со струйной мойкой (253078 км) повышается на 4,6%.

Расчетная величина экономического эффекта мойки с активацией моющего раствора колебанием корзины с деталями в сравнении со струйной мойкой составляет 1599,26 руб. на один отремонтированный двигатель.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Анурьев, С. Г. Перспективный способ мойки двигателей перед ремонтом [Текст] / С.Г. Анурьев // Технические науки: проблемы и перспективы: Материалы 5-й Международной науч. конф. – СПб., 2017. – С. 53-55.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. Воронов, В.П. Повышение эффективности технологии нанесения противокоррозионного состава при постановке сельскохозяйственных машин на хранение / И.В. Фадеев, И.А. Успенский, А.И. Ушанев, Е.И. Степанова, В.П. Воронов // Техника и оборудование для села. – 2022. – №1. – С. 39-40.
14. Воронов, В.П. Анализ способов очистки и мойки поверхностей деталей в процессе ремонта агрегатов автотракторной техники / И.В. Фадеев, Е.И.

Степанова, В.П. Воронов, С.Д. Полищук // Вестник РГАТУ. – 2022. – Т14. – №2. – С. 183-192.

15. Воронов, В.П. Формирование страхового фонда запасных частей сельскохозяйственного предприятия на основе данных ресурсоснабжающей организации / В.Н. Руденко, А.И. Ряднов, О.Н. Беспалова, В.П. Воронов // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса. – 2022. – 2(66) – С. 508-517.

16. Воронов, В.П. Выбор системы покрытий лакокрасочных материалов для машин и оборудования животноводческих комплексов / И.В. Фадеев, Е.И. Степанова, С.Н. Кулик, В.П. Воронов// Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства, приоритеты и технологии: Материалы 1-ой национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти д.т.н., профессора Н.В. Бышова. – Рязань: изд-во ФГБОУ ВО РГАТУ. – 2021. – С. 311-315.

17. Воронов, В.П. Влияние фосфатирования поверхности машин и оборудования животноводческих комплексов на физико-механические свойства лакокрасочных покрытий / В.П. Воронов, С.Н. Кулик // Современное состояние и перспективы развития механизации сельского хозяйства и эксплуатации транспорта: Материалы национальной научно-практической конференции, посвященной 95-летию д.т.н., профессора А.А. Сорокина. – Рязань: изд-во ФГБОУ ВО РГАТУ. – 2021. – С. 162-168.

18. Воронов, В.П. Алюмодипинаконборатфосфатный раствор для мойки деталей автотракторной техники / И.В. Фадеев, Д.А. Пестряев, И.Е. Илларионов, И.А. Стрельников, В.П. Воронов // Автомобильный транспорт: эксплуатация и сервис [Текст] : сб. науч. статей. по матер. Всероссийской науч.-практ. конф. с международным участием, посвященной 95-летию академика РАО Г.Н. Волкова. – Чебоксары: изд-во ЧГПУ им. И. Я. Яковлева. – 2022. - С. 65-72.

19. Гаврилов, А.К. Система жидкостного охлаждения автотракторных двигателей / А.К. Гаврилов. – М.: Машиностроение, 1986. – 163 с.

20. Гапеева, Н.Н. Исследование системы очистки технологической линии по производству гуминовых удобрений / Н.Н. Гапеева, М.А. Гайбарян, В.И. Сидоркин // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 7 (277). – С. 8-11.
21. Гордеева, Д.А. Состояние, проблемы и перспективы развития сельского хозяйства Рязанской области / Д.А. Гордеева // Студенческий: электрон. научн. журн., 2018. – № 6 (26). URL: <https://sibac.info/journal/student/26/100380> (дата обращения: 22.03.2020).
22. ГОСТ 27.002-2015 Межгосударственный стандарт. Надежность в технике. Термины и определения. Редакция документа с учетом изменений и дополнений подготовлена АО «Кодекс». Дата введения 2017-03-01.
23. ГОСТ 18206-78. Машины для очистки тракторов, автомобилей и их составных частей. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 1978.
24. Государственная программа Рязанской области «Развитие агропромышленного комплекса на 2014-2020 годы». Утверждено Постановлением Правительства Рязанской области от 30.10.2013 г. №357.
25. 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.
26. Двигатели Д-245.7Е2, 245.9Е2, 245.30Е2. Руководство по эксплуатации. – Минск: ММЗ, 2009. – 96 с.
27. 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.
28. Зимон, А.Д. Адгезия жидкости и смачивание / А.Д. Зимон. – М.: Химия, 1974. – 414 с.
29. Ильясов, О.Р. Модернизация технологии очистки эмульсионных сточных вод в агропромышленных комплексах / О.Р. Ильясов, Н.Б. Четкова, С.Н. Кошелев, М.Н. Костомахин // Главный зоотехник. – 2021. – № 3 (212). – С. 54-64.



30. 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.
31. Карагодин, В.И. Проектирование авторемонтных предприятий: учеб. пособие / В.И. Карагодин. – М.: ООО «Техполиграфцентр», 2005. – 358 с.
32. 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.
33. Карелина, М.Ю. Цифровые технологии в техническом сервисе АПК / М.Ю. Карелина, М.Н. Ерохин, Д.В. Варнаков, В.В. Варнаков // В сборнике: Чтения академика В. Н. Болтинского. – Москва, 2021. – С. 34-43.
34. Карелина, М.Ю. Перспективы применения моющих средств, обработанных ультразвуком, в машиностроении / М.Ю. Карелина, Б.А. Кудряшов, А.А. Нечай, Н.В. Левушкина, А.В. Сухов // В сборнике: Инновационные технологии в транспортном и химическом машиностроении. Материалы XII Международной научно-технической конференции Ассоциации технологов-машиностроителей. – 2020. – С. 121-123.
35. Карелина, М.Ю. Некоторые особенности расчета долговечности узлов и деталей машин / М.Ю. Карелина, И.В. Костюк, Т.Ю. Черепнина, В.Р. Рогов // В сборнике: Теория и практика зубчатых передач и редукторостроения. Сборник докладов научно-практической конференции. Ижевск, 2021. – С. 181-182.
36. Карелина, М.Ю. Некоторые особенности расчета долговечности узлов и деталей машин / М.Ю. Карелина, И.В. Костюк, Т.Ю. Черепнина, В.Р. Рогов // Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. – 2020. – Т. 23. № 3. – С. 25-30.
37. Карелина, М.Ю. Увеличение эксплуатационного ресурса сельхозтехники путем поверхностно-энергетической модификации поверхностей трибосопряжений фторуглеродными поверхностно-активными веществами / Н.Ю. Бугакова, С.М. Гайдар, М.Ю. Карелина, В.М. Приходько // Технология металлов. – 2019. – № 4. – С. 24-31.
38. Карелина, М.Ю. Повышение долговечности и экономичности

автотранспортных средств модифицированием соединений поверхностно-активными веществами и применением полифункциональных ингибиторов коррозии / С.М. Гайдар, М.Ю. Карелина // В сборнике: Инновационные технологии машиностроения в транспортном комплексе. Материалы XI Международной научно-технической конференции ассоциации технологов-машиностроителей, 2020. – С. 140-144.

39. Карелина, М.Ю. Повышение надежности сельскохозяйственной техники // М.Ю. Карелина, О.Н. Дидманидзе, Е.П. Парлюк // В сборнике: Чтения академика В.Н. Болтинского. Сборник статей семинара. – 2021. – С. 8-14.

40. Карелина, М.Ю. Увеличение эксплуатационного ресурса сельхозтехники путем поверхностно-энергетической модификации поверхностей трибосопряжений фторуглеродными поверхностно-активными веществами / Н.Ю. Бугакова, С.М. Гайдар, М.Ю. Карелина, В.М. Приходько // Технология металлов. – 2019. – № 4. – С. 24-31.

41. Карелина, М.Ю. Качественная оценка сохраняемости и долговечности автомобиля при использовании ингибиторов коррозии / М.Ю. Карелина, С.М. Гайдар, Д.К. Хоанг, В.С. Ершов, Д.А. Птицын // СТИН. – 2021. – № 12. – С. 19-21.

42. 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.

43. Кирилин, А.В. Мойка сельскохозяйственных машин перед подготовкой к хранению / А.В. Кирилин // Инновационные технологии в сельском хозяйстве: сб. материалов 3-й международной науч. конференции. – 2017. – С. 44-48.

44. Кирилин, А.В. Мойка сельскохозяйственных машин с использованием жидкостных струй высокого давления / А.В. Кирилин // Молодой ученый. – 2017. – № 11-3 (145). – С. 20-22.

45. Кирилин, А.В. Стенд для сравнительных испытаний моечных машин / А.В. Кирилин, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сб. материалов 2-й Всероссийской (национальной) науч. конференции. – Новосибирский ГАУ. – 2017. – С. 441-444.

46. Кирилин, А.В. Устройство для очистки и мойки автомобилей водовоздушной струёй /А.В. Кирилин // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2016): сб. статей 8-й Международной науч.-технич. конференции. Ответственный редактор Е.В. Агеев. – 2016. – С. 175-178.
47. 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.
48. 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. Орбинского. – Воронеж: ВГАУ им. императора Петра I, 2017. – С. 172-175.
49. Катаев, Ю.В. Прогнозирование отказов в двигателях сельскохозяйственной техники с применением цифровых технологий / Ю.В. Катаев, М.Г. Загоруйко, И.А. Тишанинов, Е.А. Градов // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 2. – С. 79-82.
50. Козлов, Ю.С. Допустимая загрязненность поверхности деталей. / Ю.С. Козлов // Автомобильный транспорт. – 1974. – № 11. – С. 33-35.
51. Козлов, Ю.С. Очистка автомобилей при ремонте / Ю.С. Козлов. – М.: Транспорт, 1975. – 216 с.
52. Козлов, Ю.С. Очистка изделий в машиностроении. / Ю.С. Козлов, О.К. Кузнецов, Н.Ф. Тельнов. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.
53. Крутоус, Е.Б. Техника мойки изделий в машиностроении / Е.Б. Крутоус, М.И. Некрич. – М.: Машиностроение, 1987. – 239 с.
54. 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.

55. Кузнецов, Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. – М.: Наука, 2001. – 535 с.
56. Кутузов, В.В. Повышение эффективности эксплуатации строительных и дорожных машин с учетом изменения их технического состояния: дисс. ...канд. техн. наук: 05.05.04 / Кутузов Виктор Владимирович. – М., 2012. – 255 с.
57. 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. Под общей редакцией Н.И. Бухтоярова, В.И. Орбинского, И.В. Баскакова. – Воронеж: ВГАУ имени императора Петра I, 2017. – С. 69-72.
58. 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.
59. Марченко, Л.А. Распылитель жидкости / Л.А. Марченко, А.Ю. Спиридонов // Патент на изобретение 2764303 С1, 17.01.2022. Заявка № 2021122010 от 26.07.2021.
60. Минашкина, А.В. Разработка программы мониторинга водных объектов вблизи рекультивированного полигона ТКО в пос. им. А. Космодемьянского Калининградской области / А.В. Минашкина, С.В. Кондратенко, Е.А. Воробьева // Гидрометеорология и экология. – 2021. – № 62. – С. 96-112.
61. Митрохина, Е.В. Совершенствование технологического процесса мойки деталей при ремонте техники в сельском хозяйстве: дисс. ...канд. техн. наук: 05.20.03 / Митрохина Екатерина Владимировна. – Рязань, 2021. – 148 с.
62. Митрохина, Е.В. Определение оптимальной продолжительности процесса мойки деталей в растворе синтетического моющего средства / И.А. Успенский, И.В. Фадеев, Е.В. Митрохина, С.Н. Кулик // Техника и оборудование для села. –

2020. – №8 (278) С. 42-44.

63. Митрохина, Е.В. Обзор боратных ингибиторов для синтетических моющих сред / Е.В. Митрохина, Ш.В. Садетдинов Д.А. Пестряев // Подготовка кадров на технолого-экономическом факультете: традиции и направления развития: сб. материалов Всероссийской науч.-практич. конф. с международным участием. – Чебоксары: ЧГПУ им. И.Я. Яковлева. – 2020. – С. 115-123.

64. Митрохина, Е.В. Очистка и мойка поверхностей деталей при ремонте машин в сельском хозяйстве / Е.В. Митрохина // Актуальные вопросы совершенствования технической эксплуатации техники: сб. материалов Международной науч.-практич. конф., посвященной 20-летию кафедры технической эксплуатации транспорта. – Рязань: РГАТУ им. П.А. Костычева». – 2020. – С. 27-32.

65. Моренко, С.А. Практический опыт использования насоса малой системы водоснабжения / С.А. Моренко, К.С. Моренко // Наука и техника транспорта. – 2021. – № 4. – С. 50-54.

66. 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.

67. 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.

68. Очистка выпускных клапанов от нагара [электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.drive2.ru/b/467526089099444998/>.

69. 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.

70. Папок, К.К. Нагары в реактивных двигателях / К.К. Папок, В.П. Пискунов,

П.Г. Юреня. – М.:Транспорт, 1971. – 112 с.

71. 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.

72. 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.

73. 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.

74. Пучин, Е.А. Технология ремонта машин: учебник / Е.А. Пучин, О.Н. Дирманидзе, В.Г. Новиков. – М.: Изд-во УМЦ «Триада», 4.1, 4.2, 2006. – 348 с.

75. Рахматуллин, М.Д. Технология ремонта тепловозов: Учебник для вузов / М.Д. Рахматуллин. – М.: Транспорт, 1983. – 319 с.

76. Ребиндер, П. А. Поверхностно-активные вещества и их применение / П.А. Ребиндер // Химическая наука и промышленность. – 1969. – №5. – С. 554-56.

77. Ремонт машин: учебники и учебные пособия для высших учебных заведений / Под редакцией Н.Ф. Тельнова. – М.: Агропромиздат, 1992. – 560 с.

78. Романов, И.В. Исследование методов подготовки органосодержащих сельскохозяйственных отходов для их дальнейшей переработки в сверхкритической водной среде / И.В. Романов, В.С. Григорьев // Технический сервис машин. – 2021. – № 2 (143). – С. 85-90.

79. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту автомобилей ГАЗ-3307 и ГАЗ-3309 с бензиновыми и дизельными двигателями. – Изд-во: Третий Рим. – 2007. – 186 с.]

80. Рязанов, В.Е. Основы научных исследований и патентования: учебное пособие / В.Е. Рязанов, М.А. Ершов. – Чебоксары: ФГБОУ ВПО ЧГСХА, 2011. – 247 с.

81. Серебряков, Р.А. Экстракция пресной воды из атмосферной влаги / Р.А.

Серебряков // The Scientific Heritage. – 2022. – № 82-1 (82). – С. 41-56.

82. 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.

83. Северный, А.Э. Сохраняемость и защита от коррозии сельскохозяйственной техники: монография / А.Э. Северный. – М.: ГОСНИТИ, 1993. – 233 с.

84. Серпокрьлов, Н.С. Водоохраные технологии как источник воздействия на окружающую среду / Н.С. Серпокрьлов, В.А. Онкаев, В.Д. Бараев и др. // Природно-ресурсный потенциал Прикаспия и сопредельных территорий: проблемы рационального использования: материалы международной научно-практической конференции – 2018. – С. 117-122.

85. Серпокрьлов, Н.С. Воздействие минеральных масел и нефтепродуктов на экологическое равновесие окружающей среды / В.Г. Эрендженев, Н.С. Серпокрьлов, В.А. Онкаев и др. // Природно-ресурсный потенциал Прикаспия и сопредельных территорий: проблемы рационального использования: материалы международной научно-практической конференции – 2018. – С. 153-156.

86. Серпокрьлов, Н.С. Дополнения к классификации фазово-дисперсных состояний примесей в воде / М.В. Абросимов, Н.С. Серпокрьлов, Е.В. Яковлева // Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2018»: материалы международной научно-практической конференции – 2018. – С. 79-84.

87. Серпокрьлов, Н.С. Основные характеристики и классификации погружных вращающихся биофильтров примененных для очистки сточных вод / М.А. Сайид, Н.С. Серпокрьлов // EUROPEAN SCIENCE OF THE FUTURE: матер. международной научно-практической конференции – 2019. – С. 60-64.

88. Серпокрьлов, Н.С. Методика расчета и технико-экономические показатели радиально-восходящего фильтрования в режимах «изнутри – наружу» и «снаружи – внутрь» / Н.С. Серпокрьлов, С.З. Тажиева // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2019. – № 3 (29). – С. 33-38.

89. Серпокрьлов, Н.С. Использование механически очищенных сточных вод для орошения сельскохозяйственных культур / Н.В. Кондакова, А.А. Мозгунова, Н.С. Серпокрьлов // Актуальные вопросы совершенствования технической эксплуатации мобильной техники: материалы международной научно-практической конференции – 2020. – С. 147-150.
90. Серпокрьлов, Н.С. Влияние типа загрузки на окислительную способность модифицированного погружного вращающегося биофильтра/ М.А. Саид, Н.С. Серпокрьлов, В.В. Нелидин // Градостроительство и архитектура. 2020. т. 10. № 4 (41). с. 60-68.
91. Серпокрьлов, Н.С. Снижение негативного воздействия углеродного следа от очистных сооружений сточных вод / С. Н. Резникова, Н. С. Серпокрьлов // Актуальные проблемы науки и техники. 2021 : Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Ростов-на-Дону. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2021. – С. 153-154.
92. Статистические методы обработки эмпирических данных / ВНИИНМАШ. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 232 с.
93. Степанычев, Ю.А. Устройство для очистки питьевых и сточных вод / Ю.А. Степанычев, А.Н. Васильев, А.А. Белов // Патент на изобретение 2750166 С1, 22.06.2021. Заявка № 2021100372 от 12.01.2021.
94. Субботин, И.А. Модель прогнозирования комплексного негативного воздействия технологий сельхозпроизводства на водные объекты / И.А. Субботин, Э.В. Васильев // Инженерные технологии и системы. – 2021. – Т. 31. № 2. – С. 227-240.
95. 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.
96. 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.



97. Тельнов, Н.Ф. Классификация способов очистки и мойки машин / Н.Ф. Тельнов. // Научные труды «Доклады МИИСП». – 1966. – Том 3, вып. 4. – С. 52-58.
98. 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.
99. 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.
100. Тельнов, Н.Ф. О механизме накипеобразования. / Н.Ф. Тельнов, В.П. Мороз, Н.А. Очковский // Научные труды «Доклады МИИСП». – 1971. – С. 72-77.
101. 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.
102. Тельнов, Н.Ф. Технология очистки и мойки сельскохозяйственных машин: основы теории и практики: монография / Н.Ф. Тельнов. – М.: Колос, 1973. – 296 с.
103. 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.
104. Топорков, В.Н. Устройство для очистки питьевых и сточных вод / В.Н. Топорков, А.Н. Васильев, В.А. Королев, А.А. Белов, А.А. Мусенко // Инновации в сельском хозяйстве. – 2020. – № 1 (34). – С. 62-69.
105. Устройство для создания вращающейся гидравлической струи [Текст]: пат. 183001 Рос. Федерация: МПК В05В 3/02 (2006.01), В05В 3/12 (2006.01)/ Шемякин А.В., Терентьев В.В., Латышенко М.Б., Кожин С.А., Кирилин А.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Рязанский гос. агротехнологический ун-т им. П.А. Костычева. – № 2018119651; заявл. 28.05.18; опубл. 07.09.18, Бюл. № 25. – 9 с. : ил.
106. 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.

107. 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.
108. 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.
109. 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.
110. 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.
111. 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.
112. 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.
113. Фадеев, И.В. Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве: дисс. ...доктора техн. наук: 05.20.03 / Фадеев Иван Васильевич. – Рязань, 2019. – 395 с.
114. Фадеев, И.В. Выбор рационального режима мойки деталей узлов и агрегатов транспортных средств / И.В. Фадеев // Автотранспортное предприятие. – 2016. – №5. – С. 28-31.
115. Фадеев, И.В. Влияние амидоборатных соединений на противокоррозионные свойства стали / И.В. Фадеев, В.К. Половняк, С.С. Еремеева, Ш.В. Садетдинов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – №3. – С. 19-24.

116. Фадеев, И.В. Определение рациональной концентрации синтетических моющих средств в растворах для мойки деталей, узлов и агрегатов / И.В. Фадеев, И.Н. Смолина // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: материалы конференции. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова. – 2016. – Т. 4, № 5-4 (25-4). – С. 169-173.
117. 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.
118. 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.
119. Черноиванов, В. И. Очистка и мойка машин и оборудования [Текст] / В.И. Черноиванов, В.Н. Лосев, А.Л. Быстрицкая. – М.: ГОСНИТИ, 1998. – 99 с.
120. Шварц, Е.М. Взаимодействие борной кислоты со спиртом и оксикислотами / Е.М. Шварц. – Рига: Зинатне, 1990. – 414 с.
121. 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.
122. 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.
123. 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.
124. 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.

125. 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.
126. 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.
127. 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).
128. Serpokrylov, N.S. Sewage cleaning by using a phase separator / N.S. Serpokrylov, A.S. Smolyanichenko, E.V. Yakovleva // E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019. – 2020. – C. 01020.
129. A.V. Kirilin. The theoretical aspects of removing contamination of agricultural machinery /A.V. Kirilin // Modern Science. – № 4-1. – C. 38-41.
130. <http://usfeu.ru/sveden/Documents/Method/Материаловедение.pdf>.
131. <https://atf.rosspetsmash.ru/upload/iblock/3e1/chekmarev-p.a..pdf>
132. <http://stroy-technics.ru/article/sposoby-ochistki-detalei-mashin-ot-zagryazneniya>
133. <http://stroy-technics.ru/article/vidy-zagryaznenii-detalei-mashin>
134. <http://stroy-technics.ru/article/tekhnologicheskie-skhemy-ochistki-detalei>
135. <https://www.autonews.ru/news/5825aff59a794747431327f3>
136. <https://www.oil-club.ru/otlozheniya-v-dvigatele/>
137. <https://stroy-technics.ru/article/vidy-zagryaznenii-detalei-mashin>
138. <https://stroy-technics.ru/article/fiziko-khimicheskie-sposoby-ochistki-detalei>
139. <https://motortehn.com/cleaning-texnologii-dlya-avtoservisa/>
140. [https://www.garotrade.ru/production/moyka\\_i\\_ochistka/m205\\_00/](https://www.garotrade.ru/production/moyka_i_ochistka/m205_00/)
141. <https://wroom.ru/news/12536>

142. [https://studopedia.ru/24\\_796\\_osnovi-opredeleniya-peremeshcheniya-skorosti-i-uskoreniya-porshnya.html](https://studopedia.ru/24_796_osnovi-opredeleniya-peremeshcheniya-skorosti-i-uskoreniya-porshnya.html)
143. <https://luidor-kazan.ru/gaz/spetstekhnika-gaz/avtotsisterna-dlya-perevozki-pishchevykh-zhidkostey-molokovoz-gaz-33081>
144. [https://avtorgaz.ru/modelnyy-ryad/element/vakuumnaya\\_mashina\\_na\\_baze\\_gaz\\_3309/](https://avtorgaz.ru/modelnyy-ryad/element/vakuumnaya_mashina_na_baze_gaz_3309/)
145. <https://autogaz-ural.ru/auto/gaz-33081-3309/samosval-na-baze-gaz-3309>
146. <https://agat-group.com/catalog-spec/gaz/toplivozapravshik-benzovoz-na-baze-gaz-3309/>
147. [https://gazavtomir.ru/info/teh/exploitation/gaz\\_3309/4](https://gazavtomir.ru/info/teh/exploitation/gaz_3309/4)
148. [https://www.autoopt.ru/catalog/133897-dvigatel\\_d\\_245\\_7e2\\_840\\_gaz\\_3308\\_3309\\_mmz](https://www.autoopt.ru/catalog/133897-dvigatel_d_245_7e2_840_gaz_3308_3309_mmz)
149. <https://www.autoopt.ru/articles/products/12513784>
150. <https://www.vedomosti.ru/auto/articles/2022/01/23/906046-novih-gruzovikov>

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

**ПРИЛОЖЕНИЕ А  
(СПРАВОЧНОЕ)**

**ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор ООО «Рассвет»

 А.М. Ростиллов

«18» мая 2022 г.

**АКТ ВНЕДРЕНИЯ**

результатов диссертационной работы Воронова Владимира Петровича на тему: «Совершенствование мойки деталей автотракторной техники», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

Мы, ниже подписавшиеся, директор ООО «Рассвет» Ростиллов А.М. и механик ООО «Рассвет» Федулин М.Н. составили настоящий акт в том, что результаты диссертационной работы Воронова Владимира Петровича на тему: «Совершенствование мойки деталей автотракторной техники» внедрены в технологические процессы ТО и ремонта автотракторной и сельскохозяйственной техники в ООО «Рассвет» (391007, Рязанская область, Клепиковский район, с. Давыдово).

Использование разработанной автором технологии активации моющего раствора для мойки деталей при ремонте агрегатов автотракторной и сельскохозяйственной техники позволило повысить степень очистки деталей (до 96%), улучшить санитарно-гигиенические условия труда работников в ремонтной мастерской, что в конечном итоге положительно повлияло на повышение качества ремонта и межремонтного ресурса отремонтированной техники на 5%, а также сокращение материальных и трудовых затрат в ремонтном производстве.

Директор ООО «Рассвет»

Механик

«18» мая 2022 г.



А.М. Ростиллов

М.Н. Федулин

**УТВЕРЖДАЮ:**  
 проректор по учебной работе  
 ЧГПУ им. И. Я. Яковлева  
 \_\_\_\_\_  
 С. В. Ильина  
 «01» июля 2022 г.

## АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы Воронова Владимира Петровича  
 на тему: «Совершенствование мойки деталей автотракторной техники»,  
 представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
 специальности 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания  
 в сельском хозяйстве

Мы, нижеподписавшиеся, декан технолого-экономического факультета Федорова И. А., доценты кафедры машиноведения Тончева Н. Н., Александрова Г. А., составили настоящий акт в том, что результаты диссертационной работы Воронова В. П. на тему: «Совершенствование мойки деталей автотракторной техники» 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 диссертационного исследования технологии мойки деталей агрегатов автотракторной техники в процессе ремонта и влияние этих технологий на ресурс отремонтированных агрегатов. При изучении дисциплин «Техника транспорта, обслуживание и ремонт», «Транспортная энергетика», «Силовые агрегаты» используются предложенные в диссертационной работе методики совершенствования технологических процессов ремонта агрегатов автотракторной техники, снижения энергозатрат и трудоемкости ремонтных работ, а также способы повышения межремонтного ресурса автотракторной техники.

Декан технолого-экономического факультета,  
 канд. пед. наук, доцент



И. А. Федорова

Канд. техн. наук, доцент,  
 доцент кафедры машиноведения



Н. Н. Тончева

Канд. техн. наук,  
 доцент кафедры машиноведения



Г. А. Александрова