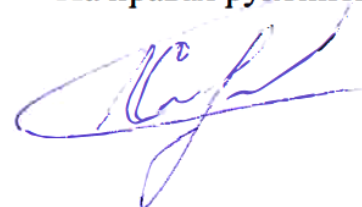


Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»

На правах рукописи



Семькина Алла Сергеевна

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ В УСЛОВИЯХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ ГОКов**

Специальность 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
канд. техн. наук, доцент
Загородний Николай Александрович

Белгород 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ....	15
1.1 Обоснование необходимости совершенствования технологии и организации ремонта ДВС карьерных самосвалов.....	15
1.2 Обзор исследований в области теоретических основ совершенствования режимов ремонта ДВС.....	22
1.3 Характеристика производственного комплекса и ремонтной службы Лебединского ГОКа	29
1.4 Выводы по главе.....	39
ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ.....	41
2.1 Резервирование и восстановление запасных частей для выполнения ремонта двигателей карьерных самосвалов	41
2.2 Сравнительная оценка режимов ремонта двигателей карьерных самосвалов.....	44
2.3 Математическое моделирование рационального режима ремонта двигателей карьерных самосвалов	59
2.4 Структура рационального режима ремонта двигателя карьерных самосвалов.....	72
2.5 Выводы по главе.....	77
ГЛАВА 3. ОЦЕНКА МЕРОПРИЯТИЙ, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВИГАТЕЛЕЙ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ.....	78
3.1 Математическая модель функции эффективности технического обслуживания с заменой изношенных деталей восстановленными	78
3.2 Математическая модель функции эффективности ремонта деталей двигателя	81

3.3 Моделирование эффективности совмещенной замены разных групп деталей двигателя.....	84
3.4 Математическая модель эффективности совмещенной замены групп деталей двигателя.....	90
3.5 Расчет резервирования запасных частей для ремонта двигателей карьерных самосвалов	95
3.6 Выводы по главе	97
ГЛАВА 4. ОБКАТКА И ИСПЫТАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ	99
4.1. Анализ видов режимов обкатки двигателя	99
4.2 Методика определения эффективного режима обкатки двигателя.....	106
4.3 Методика определения параметров эффективности бестормозной обкатки двигателей	114
4.4 Сравнительный анализ параметров эффективности обкаточно-тормозного и бестормозного способов нагружения.....	118
4.5 Выводы по главе.....	123
ГЛАВА 5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО РЕЖИМА РЕМОНТА ДВИГАТЕЛЕЙ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ	124
5.1 Определение затрат при внедрении рационального режима ремонта двигателей карьерных самосвалов	124
5.2 Определение экономического эффекта от внедрения рационального режима ремонта	129
5.3 Техничко-эксплуатационные показатели карьерных самосвалов Лебединского ГОКа	142
5.3.1 Коэффициент технической готовности	142
5.3.2 Коэффициент использования парка	143
5.4 Выводы по главе	145
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	147
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	150

Приложение А	165
Приложение Б.....	166
Приложение В	167
Приложение Г	168
Приложение Д	169
Приложение Е.....	170
Приложение Ж.....	171
Приложение З	177
Приложение И	179

ВВЕДЕНИЕ

Для перевозки железорудного сырья и вскрышных пород от места добычи до обогатительной фабрики или пункта временного хранения или склада наибольшее применение находит автомобильный транспорт. От технического состояния единиц техники и их производительности зависит выполнение установленных планов по реализации готовой продукции горно-обогатительных комбинатов (ГОК), что оказывает значительное влияние на экономику страны в целом. Для повышения эффективности эксплуатации карьерных самосвалов с учетом изменений условий эксплуатации автомобильного транспорта, увеличения нагрузочного режима двигателей из-за углубления карьеров, увеличения износа деталей, увеличения крутизны уклонов, уменьшения площади рабочих площадок карьерного транспорта, увеличения длины ездки автомобилей и времени в пути, ухудшения состояния дорожного покрытия и экологической обстановки (запыленность, загазованность), необходимо совершенствование существующих режимов ремонта двигателей, что позволит обеспечить контроль за техническим состоянием транспорта и повысить качество функционирования агрегатов, узлов и деталей.

В настоящее время многими учеными уделено внимание вопросам надежности агрегатов, организации проведения ремонта автомобилей, совершенствованию технологии проведения ремонтных воздействий. Но с учетом изменения условий эксплуатации автомобильного транспорта, увеличения нагрузочного режима двигателей из-за углубления карьеров, увеличения износа деталей, изменения технического прогресса автомобилей, что влечет за собой изменение требований и правил эксплуатации автомобилей, увеличения крутизны уклонов, уменьшения площади рабочих площадок карьерного транспорта, увеличения длины ездки автомобилей и времени в пути, ухудшения состояния дорожного покрытия и экологической

обстановки, а также ухудшения и усложнения условий работы в карьерах, необходимо совершенствование существующих режимов ремонта ДВС, обеспечивающих снижение временных и материальных затрат на эксплуатацию и повышающих качество и эффективность работы карьерных самосвалов.

Поиск статистических данных и их обработка, обобщение данных об отказах и выявление малонадёжных звеньев, исследование причин и последствий возникновения отказов двигателя, выявление недочетов конструкции и предложение мер на их устранение, определение временных и материальных затрат на проведение ремонта, применение способов по снижению затрат и потерь, связанных с проведением технических воздействий и др. позволяет разработать рациональную технико-математическую модель для применения рационального режима ремонта автомобильного транспорта.

Перспективными направлениями совершенствования существующих режимов ремонта ДВС карьерных самосвалов является резервирование запасных частей, применение восстановленных деталей для ремонта двигателей, установление рациональной периодичности замены деталей, а также применение эффективных способов обкатки двигателя. Резервирование запасных частей позволит сократить время простоев автомобилей в ожидании запасных частей; применение восстановленных деталей и сборочных единиц позволит сократить расходы предприятия на приобретение запасных частей; замена изношенных деталей двигателя восстановленными позволит снизить временные и материальные затраты на проведение ремонта; установление эффективной периодичности замены деталей позволит увеличить ресурс двигателя в целом, а обкатка двигателя после ремонта позволит выявить дефекты и неточности после сборки, и обеспечить работоспособность и долговечность двигателя при различных условиях эксплуатации.

Все описанное выше подтверждает то, что тема диссертационной работы актуальна и направлена на решение научно-практической задачи, имеющей важное народно-хозяйственное значение.

Степень разработанности темы. Работы, связанные с технической эксплуатацией автомобилей, технологиями ремонта и восстановления деталей двигателя, ведутся в научных и высших образовательных учреждениях, таких как: ОГУ им. И.С. Тургенева, МАДИ, СибАДИ, БГТУ им. В.Г. Шухова, ЮГЗУ и других организациях.

Вопросами повышения эффективности эксплуатации автомобильного транспорта занимались в своих работах А.Н. Новиков, В.И. Сарбаев, Ю.А. Заяц, Н.С. Захаров, В.А. Корчагин, Н.А. Загородний, М.А. Кузьминов, А.П. Крившин, В.И. Казарцев, В.В. Ионов, Н.И. Иващенко, П.П. Ощепков, Г.В. Абакумов, М.Б. Афанасьев, Е.В. Агеев, Ю.Н. Артемьев, Ф.Н. Авдонькин, Р.С. Григорьев, В.П. Степанов, А.И. Селиванов, В.С. Семенов, Я.М. Сорин, А.П. Владзиевский, Ю.М. Першин, С.Г. Павлишин, А.И. Петров, Н.Н. Маслов, А.Ф. Дергачёв, С.В. Шумик, Г.М. Яковлев, Л.Г. Резник, Н.С. Ждановский, В.С. Волков, А.В. Николаенко и др.

Несмотря на значительное число проведенных авторами фундаментальных исследований по вопросам повышения надежности агрегатов и организации ремонта, улучшение эффективности работы карьерных самосвалов достигнуто незначительно, т.к. не учтены изменения конструктивных и технологических факторов, и совершенствование технического прогресса техники, к тому же, предложенные методы не находят практического применения из-за того, что в основу решения вопросов положено множество гипотез, поэтому требуется научное обоснование и организация рационального режима ремонта ДВС, повышающего эффективность ремонта с минимальными затратами и обеспечивающего качество функционирования агрегатов, узлов и деталей карьерных самосвалов на всем сроке службы.

Цель работы – повышение эффективности технической эксплуатации карьерных самосвалов посредством совершенствования режимов ремонта ДВС.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выполнить обзор научных и информационных источников, затрагивающих научно-техническую проблему технической эксплуатации карьерных самосвалов на автотранспортных предприятиях ГОКов.

2. Проанализировать возможные варианты организации процесса ремонта ДВС карьерных самосвалов.

3. На основании оценки существующих вариантов исследований выполнить определение и обоснование выбора режима ремонта ДВС.

4. Разработать целевую функцию рационального режима планово-предупредительных ремонтов ДВС карьерных самосвалов.

5. Провести теоретические и экспериментальные исследования режимов ремонта ДВС. Разработать технологические рекомендации по структуре и периодичности ремонта ДВС, а также его обкатке после ремонта.

6. Разработать производственные рекомендации и выполнить расчет экономической эффективности разработанных технологических решений.

Объект исследования. Двигатели карьерного автомобильного транспорта в процессе эксплуатации.

Предмет исследования. Процессы планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) карьерного автомобильного транспорта.

Рабочая гипотеза состоит в том, что изменение режимов планово-предупредительной системы ТО и Р позволит увеличить ресурс ДВС и срок его службы до капитального ремонта, а также уменьшить общие потери горно-обогатительных комбинатов, связанные с восстановлением работоспособности карьерного транспорта.

Научная новизна исследования:

1. Разработана целевая функция рациональных режимов планово-предупредительных ремонтов ДВС карьерных самосвалов, позволяющая выявить наиболее эффективный регламент проведения ремонта, в современных экономических условиях.

2. Впервые получены коэффициенты типа ремонтного предприятия η_1 и наработки ДВС η_2 , влияющие на значение коэффициента технической готовности карьерных самосвалов.

3. Получены зависимости влияния изменения сроков проведения текущих и капитальных ремонтов ДВС с заменой изношенных деталей двигателя на увеличение ресурса деталей.

Теоретическая значимость работы.

Теоретическая значимость работы заключается в совершенствовании режимов планово-предупредительных ремонтов ДВС карьерных самосвалов путем применения новых подходов, с использованием ранее не применявшихся инновационных разработок и математических моделей, для решения главной задачи - повышения эффективности эксплуатации карьерного транспорта с минимальными затратами. Предложен новый подход к организации и проведению ремонта ДВС карьерных самосвалов.

Практическая значимость:

1. В работе реализуются теоретические и прикладные принципы сопряжения, применения при ремонте восстановленных деталей двигателя и предложенных рациональных режимов планово-предупредительных ремонтов ДВС карьерных самосвалов с наличием резервируемого двигателя из оборотного фонда. Предлагаемые принципы применимы для проведения ремонта ДВС карьерных самосвалов, грузовых автомобилей и автобусов.

2. В работе решена важная научно-практическая задача, направленная на разработку рациональных режимов планово-предупредительных ремонтов

ДВС карьерных самосвалов с заменой изношенных базовых деталей восстановленными в условиях АТП Лебединского ГОКа.

3. Разработаны технологические рекомендации по ремонту узлов ДВС для АТП Лебединского ГОКа Белгородской области (Акт (справка) о внедрении от 17.01.2022 г.), для АО "Белгородский завод горного машиностроения" (Акт (справка) о внедрении от 08.02.2022 г.), а также для внедрения результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс БГТУ им. В.Г. Шухова (Акт (справка) о внедрении от 03.02.2022 г.).

Результаты диссертационного исследования имеют прикладной характер и могут быть использованы в работе горно-обогатительных комбинатов, автотранспортных предприятий, авторемонтных заводов и в образовательных целях.

Методология и методы исследования представлены фундаментальными, теоретическими и практическими исследованиями существующих подходов и научным обоснованием вопросов надежности, долговечности, технологии и организации проведения ремонта ДВС карьерных самосвалов. Методы исследований: прогнозирование, эксперимент, математическое моделирование, статистический анализ, системный анализ, теория старения машин, теория надежности, теория вероятности, теория управления.

Положения, выносимые на защиту:

1. Результаты анализа возможных вариантов организации процесса ремонта ДВС карьерных самосвалов.
2. Целевая функция рационального режима планово-предупредительных ремонтов ДВС карьерных самосвалов.
3. Рациональный режим ремонта ДВС, включающий эффективную периодичность проведения ремонтов двигателей и структуру групповой замены деталей.

4. Предложенные эффективные режимы обкатки двигателя после ремонта;

5. Научно-технологические рекомендации по применению разработанной структуры и периодичности ремонта ДВС карьерных самосвалов, а также его обкатки после ремонта.

Степень достоверности и апробация результатов.

Результаты диссертационного исследования представлены на научных конференциях и семинарах: Международная научно-техническая конференция «Металлообрабатывающие комплексы и робототехнические системы – перспективные направления научно-исследовательской деятельности молодых ученых и специалистов» (г. Курск, 2015 г.); Международная научно-техническая конференция «Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования» (г. Воронеж, 2016 г.); Международная научно-техническая конференция «Металлообрабатывающие комплексы и робототехнические системы – перспективные направления научно-исследовательской деятельности молодых ученых и специалистов» (г. Курск, 2016 г.); Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова (г. Белгород, 2016 г.); 2-ая Международная научно-практическая конференция «Информационные технологии и инновации на транспорте» (г. Орел, 2016 г.); Международная научно-техническая конференция молодых ученых «Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности» (Республика Беларусь, г. Могилев, 2017 г.); Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова (г. Белгород, 2017 г.); Международная студенческая научная конференция «Студенческий научный форум – 2017»; 3-я Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении» (г. Курск, 2018 г.); Conference Series Ser. "International Conference Information

Technologies in Business and Industry 2018 - Enterprise Information Systems" 2018 г.; Международная научно-техническая конференция молодых ученых «Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности» (Республика Беларусь, г. Могилев, 2018 г.); Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Проблемы функционирования систем транспорта» (г. Тюмень, 2018 г.); 4-ая Международная научно-практическая конференция «Информационные технологии и инновации на транспорте» (г. Орел, 2019 г.); Международная конференция по транспортной доступности Арктики: сети и системы (г. Санкт-Петербург, 2021 г.); Международная научно-практическая конференция «Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте» - ИИТТ' 2022 (г. Липецк, 2022 г.); 7-ая Международная научно-практическая конференция «Информационные технологии и инновации на транспорте» (г. Орел, 2022 г.); Всероссийская научно-практическая конференция «Студент-наука» (г. Воронеж, 2022 г.); 81 Международная научно-методическая и научно-исследовательская конференция, МАДИ, (г. Москва, 2022 г.); V-ая Международная молодежная конференция «Молодежь и транспорт. Настоящее и будущее» (г. Орел, 2022 г.).

Информационная база исследования.

Нормативно-техническая документация, ГОСТы, технические условия, статистические данные, инструкции, действующие на горно-обогатительном комбинате, учебная литература, материалы научных периодических изданий, данные исследований, интернет-ресурсы.

Личный вклад автора.

Автором лично выполнены все этапы исследования: определены идея, цель и задачи исследования, определены и осуществлены направления теоретических и экспериментальных исследований, произведен анализ и обобщение полученных данных, разработаны мероприятия по

совершенствованию существующих режимов ремонта ДВС карьерных самосвалов, сформулированы выводы и внедрены результаты исследований.

Соответствие диссертационной работы паспорту специальности.

Выполненные исследования отвечают формуле паспорта научной специальности 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта по пунктам: п. 2 «Совершенствование планирования, организации и управления перевозками пассажиров и грузов, технического обслуживания, ремонта и сервиса автомобилей с использованием программно-целевых и логистических принципов, методов оптимизации», п. 13 «Жизненный цикл автотранспортных средств, рациональные сроки службы автомобилей и их элементов, технологии их утилизации, инфраструктура по утилизации АТС и отходов их эксплуатации (изношенных шин, отработанных аккумуляторов, нефтепродуктов, спецжидкостей)».

Реализация результатов работы. Полученные результаты диссертационного исследования: теоретические, практические, научно-методические и экспериментальные исследования в области организации рационального режима ремонта ДВС карьерных самосвалов рекомендованы к практическому внедрению на АТП АО «Лебединский горно-обогатительный комбинат», авторемонтном предприятии АО "Белгородский завод горного машиностроения" и в образовательном процессе кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта БГТУ им. В.Г. Шухова, что подтверждено актами о внедрении.

Публикации. По результатам диссертационного исследования опубликовано 35 публикаций, из них 15 научных публикаций, опубликованных в журналах, рецензируемых ВАК, Scopus и Web Of Sciens, 7 в журналах, входящих в базу РИНЦ, 12 научных публикаций в сборниках по результатам проведенных конференций, входящих в базу РИНЦ, и одна статья в электронном виде на официальном сайте конференции, один патент на полезную модель, и зарегистрирована одна электронная база данных.

В опубликованных работах автору принадлежат основные научные идеи, теоретические и расчетно-прикладные разработки, заключение и выводы.

Структура и объем диссертации. В структуре диссертационной работы определены цель и задачи исследования. Работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы и приложений, включает 41 рисунок, 11 таблиц. Список литературы содержит 104 наименования. Диссертационная работа представлена в виде рукописи, выполненной на 181 листе машинописного текста.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ

1.1 Обоснование необходимости совершенствования технологии и организации ремонта ДВС карьерных самосвалов

В процессе эксплуатации карьерного автомобильного транспорта возникают различного рода отказы и неисправности. Для восстановления утраченной работоспособности необходимо проведение технического обслуживания или ремонта двигателей и агрегатов. ТО и Р являются объективной необходимостью и основываются на технических и экономических данных [1].

Условия эксплуатации, технические характеристики двигателя, конструкция двигателя, погодные условия, способы обслуживания и ремонта и многие другие факторы существенно влияют на продолжительность работы и долговечность карьерных автомобильных двигателей. Изнашивание деталей приводит к увеличению материальных затрат, а также ухудшению технического состояния двигателя или агрегатов, что требует восстановления этих деталей путем ремонта или замены на новые [99].

Ремонт карьерной техники взаимосвязан с развитием экономики страны, поэтому надо учитывать:

1. Производственные мощности предприятия;
2. Использование деталей с запасным ресурсом;
3. Ремонт двигателя позволяет снизить затраты на изготовление деталей и автомобилей;
4. Множество отказов автомобильного транспорта связано с низким качеством изготовления деталей;
5. Низкий уровень культуры эксплуатации;
6. Отсутствие развития основных направлений, повышающих уровень проведения ремонта;

7. Завышенные сроки службы силового агрегата и др.

Окончательная стоимость восстановления агрегатов зависит от срока службы и режимов ремонта, основой которых служит эффективная эксплуатация транспортных средств. Выполнение требований, предъявляемых к организации ремонта, позволяет повысить эффективность и работоспособность деталей [10].

Действующие режимы ремонта включают в себя практические данные, полученные в ходе эксплуатации техники. К способам повышения эффективности эксплуатации можно отнести анализ данных исследований о возникающих отказах и неисправностях, а также о закономерностях изменения исходных параметров.

Применяемые режимы ремонта, в настоящее время, опираются только на практические сведения и наблюдения, но их недостаточно для получения результатов о происшедших изменениях в принципах конструирования автомобилей, в основе которого лежит частая замена конструктивных деталей двигателей [82].

К недостаткам существующих режимов ремонта можно отнести:

1. Отсутствие эффективных экономических вариантов ремонта;
2. Равная периодичность проведения ремонтов.

Содержание и периодичность ремонта агрегатов не связаны с потенциальными их свойствами. Потенциальные свойства агрегатов не изменяются под действием внешних факторов [89]. Меняется только степень их реализации при различных условиях эксплуатации.

В основе развития технологии и организации ремонта лежит анализ возникающих отказов и неисправностей, а также исследования последствий физического старения деталей двигателей. Важнейшими предпосылками совершенствования технологии и организации ремонта являются накопление знаний об изменении технического состояния двигателей и агрегатов, последствиях отказов, сроке службы, ресурсе и закономерностях износа [12].

В настоящее время уделяется внимание вопросам определения сроков службы с учётом особенностей конструкции автомобилей, изучению ремонтпригодности, износа и сервисных воздействий по ремонту автомобилей [13].

Проведение капитального ремонта агрегатов автомобильного транспорта зависит от:

- производственных мощностей карьерного автомобильного транспорта. Потребности экономики страны не удовлетворяются существующим количеством автомобилей, поэтому многие задачи решаются с помощью восстановления поврежденной техники. Многими исследованиями подтверждается факт эксплуатации большинства автомобилей производства после проведения капитального ремонта. Любой производственный процесс связан с транспортной системой, в котором транспорт работает в нагрузочном режиме, поэтому снижение работоспособного состояния машин и оборудования неизбежно;

- технического обслуживания. Проведение регулярного технического обслуживания позволяет увеличить срок эксплуатации автомобиля и обеспечить непрерывную бесперебойную работу всех его систем и агрегатов;

- ремонта. Проведение своевременного ремонта позволяет восстановить техническое состояние агрегатов и систем, которые не полностью изношены, но для этого затрачивается значительный объем труда.

К преимуществу проведения капитального ремонта агрегатов автомобилей относится экономия материалов, идущих на производство новых автомобилей. При восстановлении изношенных деталей расход металла до 30 раз ниже, чем при их изготовлении [1, 3]. Затраченные ресурсы и средства при капитальном ремонте ниже, чем при покупке новой техники. Проведение капитального ремонта обуславливается техническими и экономическими причинами.

С точки зрения экономических факторов подтверждается значимость и выгода проведения первого капитального ремонта агрегатов автомобилей. Временные и материальные затраты на проведение первого капитального ремонта ниже, чем покупка нового автомобиля. Для повышения экономической эффективности производства необходимо определять количество проведения капитальных ремонтов, уменьшить их число до рационального минимума, после которого будет обеспечиваться должное функционирование автомобильного транспорта. Многократный капитальный ремонт агрегатов выходит за пределы экономической целесообразности сроков службы автомобильного транспорта. Основным направлением совершенствования режимов ремонта ДВС автомобильного транспорта является увеличение сроков их эксплуатации, установленных заводом-изготовителем. В течение амортизационного срока службы автомобилей требуется проведение только одного капитального ремонта.

Общие годовые затраты на все виды ремонта карьерного автомобильного транспорта превышают десятки миллиардов рублей. За весь срок службы автосамосвалов затрачивается средств в 10 раз больше, по сравнению с затратами на их производство [43].

На восстановление работоспособного состояния карьерного автомобильного транспорта требуется затрат больше, чем их первоначальная стоимость. Суммарные расходы на ремонт за амортизационный срок службы автотранспортных средств превышают затраты на их производство более чем в 8-9 раз.

Из-за высоких материальных затрат на восстановление ресурса деталей большегрузной техники возникает большое количество простоев, что приводит к значительным убыткам производственных объемов горно-обогатительных комбинатов [51]. Стоимость расходов на ремонт карьерного автомобильного транспорта велика, что влияет на производительность труда горно-обогатительных предприятий и эффективность производства

экономики страны в целом. Является актуальным снижение эксплуатационных затрат, связанных с проведением ремонта карьерных экскаваторов и автосамосвалов.

Целью минимизации затрат на ремонт ДВС должно являться максимальное использование автотранспорта при минимальных затратах на их ремонт.

Выделяются следующие основные причины простоев карьерного автомобильного транспорта:

- технические недостатки и несовершенство автомобильных двигателей;
- применение неэффективных режимов ремонта автомобилей и др. [51].

Требуется рассматривать ремонт деталей двигателя карьерных самосвалов не с позиции восстановления изношенных деталей путем исправления возникших отказов, а со стороны повышения долговечности и простоты проведения ремонта, где производится выполнение малотрудоемких работ [67].

К основным составляющим ремонта относят:

1. Периодичность проведения ремонта;
2. Виды ремонта;
3. Содержание ремонта;
4. Организация ремонта;
5. Режимы осуществления ремонта;
6. Обеспечение расходными материалами и запасными частями др.

Поиск путей и методов увеличения надёжности и долговечности транспортных средств позволяет закладывать результаты в их конструкцию при проектировании и внедрять в сферу эксплуатации и проведения ремонта. Срок службы деталей до капитального ремонта зависит от использования их ресурса.

Для обеспечения работоспособности двигателя и отдельных его деталей необходимо проведение регулярного ремонта с заменой деталей новыми и, по

возможности, восстановленными. Ремонт двигателя карьерных автомобилей должен проводиться совместно с диагностическими и регулировочными работами [43].

В настоящее время на ремонт затрачиваются значительные материальные и трудовые ресурсы. При выполнении планового ремонта автомобильного транспорта его организационная форма недостаточно обоснована [43]. Распределение материальных средств на разных стадиях ремонта автотранспортных средств за весь их срок амортизации представлено в приложении А.

При текущем ремонте агрегат не должен подвергаться полной разборке, как это предусмотрено при проведении капитального ремонта, а должен проводиться силами персонала автотранспортного цеха предприятия. Текущий ремонт выполняется по потребности. Основное его назначение – это предупреждение аварийных отказов (замена поврежденных и изношенных деталей, регулировка и очистные работы) [67].

Ремонт ДВС на горно-обогатительных комбинатах выполняется в условиях автотранспортных цехов без использования высокотехнологического оборудования и технологии. Для повышения эффективности работы и снижения затрат на поддержание автотранспортных средств в работоспособном состоянии необходимо совершенствование режимов ремонта ДВС.

Средний ремонт применяется для восстановления эксплуатационных характеристик деталей или замены поврежденных или изношенных составных деталей, а также в обязательной проверке технического состояния остальных деталей с устранением обнаруженных дефектов [67].

Целью капитального ремонта является восстановление утраченной работоспособности двигателя или агрегата по отношению к первоначальному, или близкого к первоначальному значению ресурса. При этом заменяются или восстанавливаются все детали, включая и базовые.

Капитальный ремонт должен производиться на специализированных ремонтных предприятиях с использованием высокотехнологичного оборудования и инструмента [79]. Капитальный ремонт является выгодным по сравнению с приобретением нового двигателя или агрегата автомобиля.

На трудоемкость работ и затраты на ремонт автомобилей влияют физический срок службы деталей (рисунок 1.1), долговечность, надёжность, продолжительность периодов, качество ранее проводимых ремонтов, условий эксплуатации и т.д. [17].

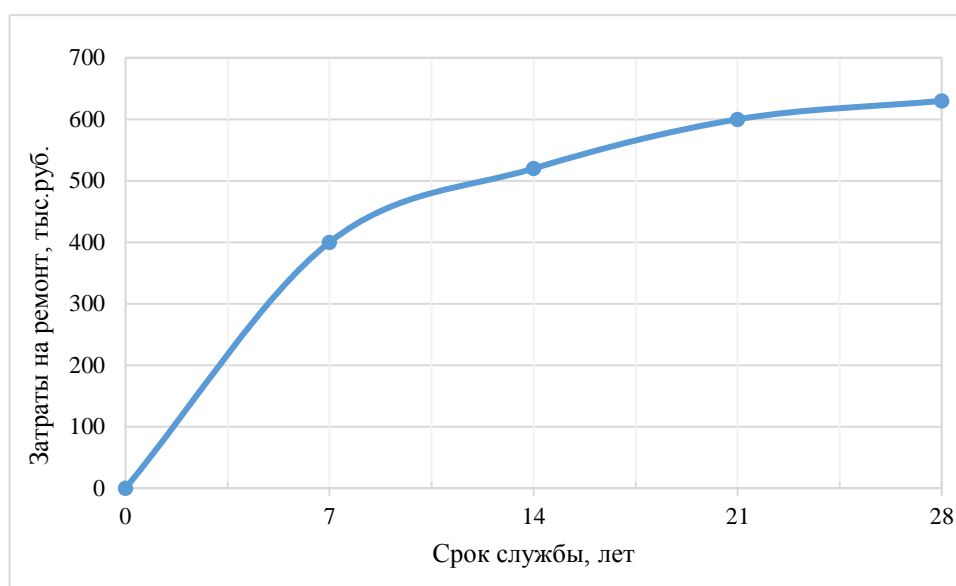


Рисунок 1.1 - Изменение затрат на ремонт деталей в зависимости от их срока службы

Ресурс до первого капитального ремонта или между двумя смежными капитальными ремонтами характеризуется таким показателем, как уровень долговечности. Долговечность - это время работы двигателя, агрегата, при заданных условиях, от начала его ввода в эксплуатацию и до наступления предельного состояния [17]. Чем значительнее промежуточный ресурс, тем меньше трудоёмкость ремонта в течение всего срока службы деталей (рисунок 1.2).

На формирование затрат на ремонт двигателей и агрегатов карьерного автомобильного транспорта существенное влияние оказывают следующие основные факторы:

- количество ремонтов за весь их срок службы;
- себестоимость каждого ремонта;
- расходы на промежуточное обслуживание [98].

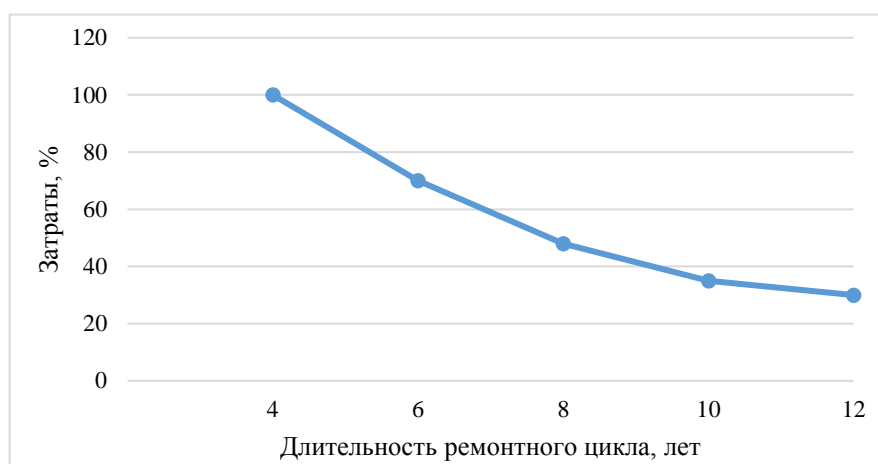


Рисунок 1.2 - Изменение среднегодовых затрат на ремонт в зависимости от длительности ремонтного цикла

Экономически обоснованный подход к выполнению ремонта двигателей и агрегатов карьерного автомобильного транспорта с минимизацией затрат труда, энергии и эксплуатационных материалов во многом зависит от технического решения и возможности замены менее долговечных деталей, особенно сборочных единиц и деталей, лимитирующих их срок службы до капитального ремонта.

1.2 Обзор исследований в области теоретических основ совершенствования режимов ремонта ДВС

Повышение эффективности эксплуатации карьерного автомобильного транспорта является актуальной задачей горно-обогатительных комбинатов. В

основном отказы и неисправности экскаваторов и самосвалов приходится на детали двигателя. От общего числа отказов большегрузной техники около 30% приходится на двигатель. Во многих случаях целесообразнее произвести ремонт двигателя в сравнении с полной его заменой. Ресурс двигателя до капитального ремонта не превышает 60% от ресурса нового автомобиля, а расходы на его поддержание в работоспособном состоянии не превышают 22% от расходов по всему автомобилю. Таким образом, возможно снижение затрат на ремонт двигателя автомобиля в целом, в том числе снижение продолжительности проведения ремонта и затрачиваемых трудозатрат.

Следует учитывать, что в течение всего срока эксплуатации двигатель проходит техническое обслуживание, а при выявлении неисправностей ремонт, число которого может быть не ограничено [42]. Затраты, идущие на его техническое обслуживание и ремонт, превышают затраты на изготовление более чем в 10 раз, а трудоёмкость более чем в 30 раз.

В настоящее время современные двигатели претерпевают конструктивные изменения, что влечет за собой изменение предъявляемых требований к его эксплуатации и ремонту [79]. Требуется совершенно новый режим проведения ремонта двигателей, целью которого будет являться эффективность реализации ресурса и, как следствие, уменьшение простоев транспорта [14, 51]. Одной из важных характеристик двигателя является ресурс до капитального ремонта. Многие автопроизводители разрабатывают стратегии, направленные на повышение этого показателя [32].

В качестве основных направлений совершенствования режимов ремонта ДВС выделяются следующие предпосылки:

- проведение ремонта в условиях специализированных авторемонтных предприятий;
- проведение текущего и среднего ремонта в условиях транспортного цеха горно-обогатительных комбинатов;

- проведение текущего, среднего или капитального ремонта в условиях транспортного цеха горно-обогатительных комбинатов [43].

К недостаткам существующих режимов ремонта ДВС можно отнести длительность простоя техники (из-за отсутствия запасных частей, сложности ремонта и др.), низкое качество проведенного ремонта, отсутствие специализированного оборудования для ремонта, требование высокой квалификации автомехаников, высокая стоимость ремонта [51].

Капитальный ремонт двигателей не уменьшает расход запасных частей во время их эксплуатации. В методике проф. Р.Н. Колегаева указано, что затраты на ремонт до 1-го капитального ремонта растут постепенно, а после капитального ремонта они практически остаются неизменными и удерживаются на достаточно высоком уровне, что отображено на рисунке 1.3 [29]. Поэтому после проведения обозначенного капитального ремонта двигатели очень часто подвергаются текущим ремонтам на протяжении всего срока службы. Это говорит о том, что такой вид ремонта малоэффективен. Для получения наибольшего экономического эффекта необходимо искать лучшие организационные формы ремонта автомобильных двигателей [29].

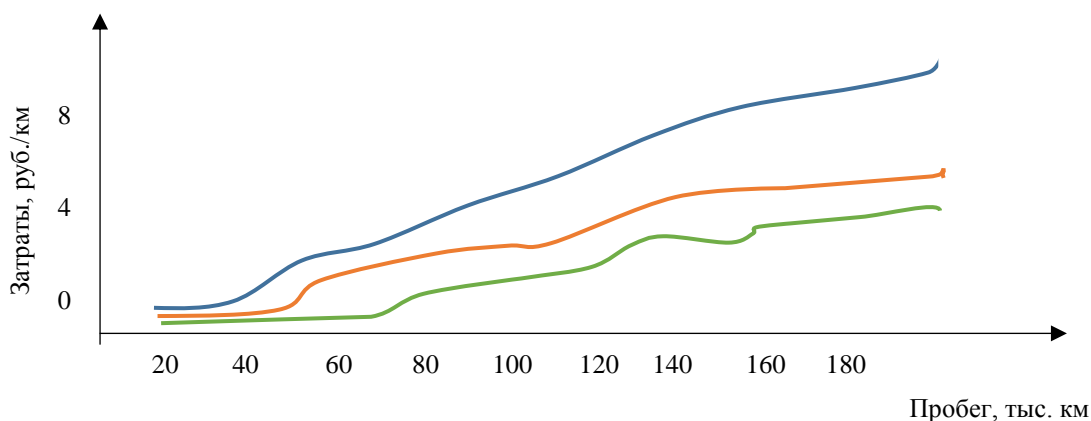


Рисунок 1.3 - Изменение затрат до 1-го капитального ремонта в зависимости от пробега автомобиля: синяя линия – суммарные; зеленая линия – на техническое обслуживание; оранжевая линия – ремонтные воздействия

Ресурс деталей двигателя к моменту проведения капитального ремонта реализуется на 30%, но при этом двигатель за это время может подвергаться нескольким ремонтам, при которых увеличивается расход запасных частей и материалов, в том числе его объем и стоимость [29]. До капитального ремонта некоторые детали двигателя могут иметь достаточный запас ресурса, что ведет к его недоиспользованию в полной мере.

Существующие режимы ремонта двигателей не отражают произведенных конструктивных изменений в современных двигателях большегрузной техники, поэтому и не отображают уровня восстановления деталей и не достигают уменьшения затрат на его проведение.

В методике проф. И.Е. Дюмина предлагается восстановление работоспособного состояния двигателей с помощью замены поврежденных или изношенных деталей, что позволяет увеличить срок службы автомобильных двигателей и снизить затраты и простои транспорта. Затраты на проведение текущего ремонта после капитального ремонта при увеличении пробега автомобиля растут постепенно, что отображено на рисунке 1.4 [23].

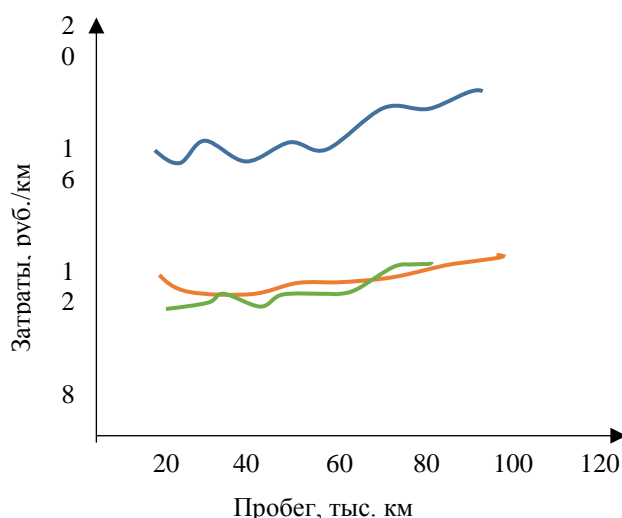


Рисунок 1.4 - Изменение затрат после капитального ремонта в зависимости от пробега автомобиля: синяя линия – суммарные затраты; оранжевая линия – затраты на ТО; зеленая линия – затраты на ремонт

На объем и содержание ремонта влияют конструктивные особенности двигателя, ремонтпригодность, техническое состояние, условия эксплуатации, качество проведенного последнего ремонта [13, 23].

Несовершенство организационных и технологических решений при проведении ремонта возникает по причине низкого качества изготовления деталей. К основным организационным причинам низкого качества капитального ремонта двигателей относится отсутствие эффективной периодичности проведения ремонта, низкий уровень материально-технического обеспечения, несовершенство технической базы предприятия, низкие темпы роста применения современных технологий в области проведения ремонта, малая фондовооруженность и др. [30].

Использование одного капитального ремонта двигателей позволит восстановить его работоспособное состояние и его ресурс до заданных значений. В следствие того, что число проведенных капитальных ремонтов снизится до одного, можно наблюдать экономический эффект в снижении затрат при проведении ремонта.

Недостатком проведения капитального ремонта в условиях авторемонтных предприятий является отсутствие применения восстановленных деталей взамен поврежденных и изношенных, что приводит к недоиспользованию ресурса и повышенному расходу запасных частей [67].

В настоящее время на карьерных автомобилях БЕЛАЗ-75309 установлены более современные модели двигателей, которые имеют существенные отличия от ранее выпускаемых моделей. Основные технические характеристики карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 и характер условий эксплуатации двигателей представлены в приложениях В, Г. Организация проведения ремонта таких двигателей в большинстве случаев производится на собственных участках транспортных цехов горно-обогатительных комбинатов. При ремонте используется принцип замены деталей, исчерпавших свой ресурс новыми.

Авторами В. Костюк и С. Кранцберг установлено, что выполнение ремонта на собственных площадках предприятия экономически выгоднее, чем на специализированном предприятии [33, 34].

Стоимость проведения ремонта двигателя MTU DD16V4000 БЕЛАЗа-75309 в транспортном цеху горно-обогатительного комбината ниже в 2-2,5 раза, чем в специализированном предприятии. При этом уменьшаются временные затраты простоя транспорта в ожидании ремонта. В том числе в собственном транспортном цеху есть возможность восстановления поврежденных и изношенных деталей, когда в специализируемых предприятиях отсутствует производственно-техническая база и все детали заменяются новыми, что приводит к значительному расходу запасных частей и увеличению затрат.

Повышение эффективности проведения ремонта, связанного с уменьшением объема работ при ремонте двигателей заменой поврежденных и изношенных деталей, можно обеспечить не восстановлением отдельных деталей, а восстановлением узлов (сборочных единиц), которые после комплектования и сборки будут поставляться в автотранспортные цехи предприятия или на станции технического обслуживания [4]. Требуется обоснование необходимости применения восстановленных узлов, как один из способов совершенствования режимов ремонта ДВС для повышения эффективности использования ресурса деталей и двигателя в целом [3]. Для обеспечения более эффективного восстановления работоспособности двигателей и контроля качества восстановления необходимо создание специальных предприятий технического обслуживания и ремонта с более высокой концентрацией работ, оснащенных современным диагностическим и технологическим оборудованием.

Еще одним основным направлением совершенствования режимов ремонтов ДВС является обоснование выбора эффективной стратегии проведения ремонта двигателей в зависимости от содержания, объема,

периодичности и стоимости работ [32, 89]. Решение этой задачи возможно с применением экономико-математического моделирования.

В статье А.Г. Зарубина подчеркивается, что внедрение в практику восстановления работоспособности автомобильных двигателей является задачей первостепенной важности, с точки зрения увеличения ресурса до капитального ремонта [26]. Аналогичной точки зрения, по данному вопросу, придерживаются д.т.н. А.М. Шейнин и к.т.н. Е.А. Индикт [27, 96, 97].

В методике Л. Танинга указано, что замена узлов и деталей позволяет в нормальных условиях эксплуатации значительно увеличить пробег автомобильных двигателей до капитального ремонта [78].

Целесообразность восстановления работоспособности двигателей путём замены отдельных деталей и узлов при их износе вместо проведения капитального ремонта предлагается в методике к.т.н. Д.И. Донского [21].

Разная долговечность деталей двигателя карьерных автомобилей является объективной основой проведения ремонта с заменой узлов и деталей [17]. Это связано с тем, что детали изнашиваются в разные сроки и потому должны восстанавливаться не в одно и то же время.

Применение научно-обоснованного подхода для применения рационального режима ремонта ДВС карьерных самосвалов позволит наиболее полно и эффективно использовать ресурс двигателей и агрегатов.

В научных трудах: проф. А.М. Шейнина, к.т.н. Ю.Н. Артемьева, проф. А.И. Селиванова, д.т.н. А.П. Владзиевского, проф. И.А. Луйка, д.т.н. Е.С. Кузнецова, д.т.н. А.П. Крившина, проф. В.И. Казарцева, д.т.н. Р.В. Кугеля, д.т.н. Ф.Н. Авдонькина, В.А. Долецкого, Я.М. Сорина, С.Н. Корнилова и др. указывается на целесообразность организации ремонта с восстановлением поврежденных и изношенных деталей [7, 18, 20, 21, 28, 37, 50, 79, 96, 97].

Анализируя методы организации ремонта проф. В.И. Казарцев в своей методике указывает, что для тракторов и сложных сельскохозяйственных

машин целесообразным является сменно-комплектный метод ремонта ДВС, при котором замене подлежит не агрегат, а лишь изношенный узел [28]. Он поясняет, что ремонт транспортных средств должен сводиться в основном к демонтажно-монтажным работам с заменой дефектных деталей.

В методике проф. А.И. Селиванова предложено, что для современных транспортных средств должен широко применяться агрегатный метод ремонта путём замены агрегатов, узлов и отдельных деталей в определенные сроки их службы [50].

В.А. Долецкий в своей методике утверждает, что организация текущего и среднего ремонта в транспортном цехе собственного авторемонтного предприятия позволит снизить количество капитальных ремонтов за весь срок службы автомобиля [20]. Такую же идею обосновывает в своей методике и Я.М. Сорин.

1.3 Характеристика производственного комплекса и ремонтной службы Лебединского ГОКа

Лебединский ГОК – предприятие, осуществляющее добычу и обогащение железной руды, а также занимается производством металлоресурсов. Лебединский ГОК ведет разработку месторождений открытым способом. К товарной продукции, выпускаемой Лебединским ГОКом, относится железорудный концентрат, окатыши, горячебрикетированное железо (ГБЖ).

Добыча полезных ископаемых производится экскаваторами в карьере, далее до перегрузочной площадки железную руду перевозят автосамосвалами. Технологический процесс производства Лебединского ГОКа представлен на рисунке 1.5.

До обогатительной фабрики перевозка осуществляется железнодорожным транспортом. После фабрики обогащения железорудное

сырье поступает на фабрику дообогащения и фабрику окомкования. Для получения горячебрикетированного железа, руду доставляют в цех ГБЖ. На фабриках дообогащения и окомкования производят офлюсованные и неофлюсованные окатыши и дообогащенный концентрат.



Рисунок 1.5 - Технологический процесс производства Лебединского ГОКа

Карьер Лебединского ГОКа представлен на рисунке 1.6.

Глубина карьера Лебединского ГОКа ежегодно увеличивается с 10 до 25 м. В настоящее время ширина карьера составляет более 5 км. Глубина карьера составляет более 450 м.

Над карьером Лебединского ГОКа постоянно висит пылевое облако, потому как из грунтовых вод постоянно откачиваются грунтовые воды. Уровень подземных вод составляет 200-250 м.

Автомобильный парк горно-обогатительных комбинатов ежегодно увеличивается. С каждым годом транспортный цех пополняется новыми моделями карьерных самосвалов с более мощными техническими характеристиками и высокой производительностью. На смену КрАЗов приходят высокопроизводительные самосвалы, которые могут перевозить до 220 т железорудного сырья за рейс. К таким самосвалам можно отнести

модели БЕЛАЗ-75309, БЕЛАЗ-75131, САТ-785С, САТ-789D и др. Автотранспортный цех Лебединского ГОКа имеет 280 автомобилей. Автотракторное управление включает в себя самосвалы различных марок: БЕЛАЗ, САТ, Caterpillar грузоподъемностью 45, 130, 180, 220 т. Для исследований была выбрана марка автосамосвалов БЕЛАЗ, которых насчитывается на предприятии 44 автомобиля. Из них 25 автомобилей БЕЛАЗ-75309 грузоподъемностью 220 т. В эксплуатации горно-обогатительных комбинатов может находиться до 100 транспортных средств и более, осуществляющих свою деятельность на территории ГОКа.



Рисунок 1.6 – Карьер Лебединского ГОКа, вид сверху

В течение эксплуатации автомобилей возникает большое количество отказов и неисправностей большегрузной техники из-за значительной нагрузки на агрегаты, что требует эффективной организации и оптимизации работы автомобильного парка. Это позволит повысить топливную экономичность автомобилей, увеличить их производительность и снизить стоимость перевозок.

Автомобили БЕЛАЗ-75309 оснащены усовершенствованным двигателем, который обеспечивает высокую скорость самосвала, мощность

двигателя, тяговые характеристики, топливную экономичность и др. показатели, которые определяют его техническое состояние под воздействием высоких нагрузок. Основные технические характеристики карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 представлены в приложении Г.

На горно-обогатительных комбинатах используется система планово-предупредительных ремонтов (ППР), которая подразумевает планирование ремонта с заданной периодичностью. ППР действует согласно существующему стандарту предприятия «Техническое обслуживание и ремонт оборудования» [35]. Заданная периодичность зависит от ремонтного цикла. Ремонтный цикл определяется исходя из технико-эксплуатационных показателей, представленных в таблице 1.1 [43]. Коэффициент технической готовности, коэффициент использования парка, коэффициент использования пробега с грузом и др. вычисляются по составленным месячным графикам ремонта, включающие в себя сведения о фактических данных и плановых [5, 36, 79].

На техническое состояние карьерных самосвалов и их эксплуатацию оказывают значительное влияние различные факторы, так например:

- Изменения условий эксплуатации;
- Увеличение крутизны уклонов;
- Увеличение износа деталей;
- Увеличение нагрузочного режима;
- Ухудшение состояния дорожного полотна;
- Усложнение условий работы;
- Ухудшение экологической обстановки;
- Углубление карьеров;
- Уменьшение рабочих площадок;
- Увеличение длины и времени перевозок.

Периодичность проведения ТО автомобилей БЕЛАЗ-75309 устанавливается в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя.

Проведение ТО автомобилей БЕЛАЗ-75309 позволяет поддерживать их в технически исправном состоянии, обеспечивает показатели надежности, безопасности и экономичности работы. Периодичность проведения ТО представлена в таблице 1.1. Объем и содержание работ ТО автомобилей БЕЛАЗ-75309 представлены в приложении Ж. Содержание работ ремонта автомобилей БЕЛАЗ-75309 представлены в приложении З.

Таблица 1.1 – Периодичность проведения ТО автомобилей БЕЛАЗ-75309

ТО-0	ТО-1	ТО-2	ТО-3	СО
100 моточасов	250 моточасов	500 моточасов	1000 моточасов	2 раза в год

Эффективная работа транспортного цеха горно-обогатительного комбината характеризуется результатами оценки эксплуатации автомобильного транспорта. На основании показателей, представленных в таблице 1.2, которые характеризуют рациональность использования карьерного транспорта и его техническую готовность, организовывается транспортный процесс ГОКа.

Перспективным направлением для минимизации затрат на ремонт является совершенствование режимов ремонта ДВС карьерных автомобилей, которое должно базироваться на таких факторах как:

- исследование изменения параметров и характеристик технического состояния автомобилей;
- изучение режимов и технологии ремонта;
- применение диагностики и средств контроля технического состояния;
- учет конструктивных особенностей агрегатов, узлов и деталей двигателя и т.д.

Таблица 1.2 – Технико-эксплуатационные показатели
автотранспортного цеха горно-обогатительного комбината

№	Показатели	Ед. изм.	Карьерный тр-т					
			план	факт	%	Белазы	САТ	Белазы груз. 30-45 т
Исходные данные								
1	Среднесписочное кол-во а/м	ед.	52	52	100	25	8	19
2	Средняя грузоподъемность 1 а/м	т	23,31	24,57	100	37,75	22,5	13,46
3	Общая грузоподъемность а/м	т	1111,6	1109,5	99,8	706	93	310,5
4	Автомобиле-дни в хоз-ве	адн	17403	17339	99,6	7629	1460	8250
5	Автомобиле-дни в работе	адн	12220	12878	100	6249	994	5635
6	Автомобиле-дни в ремонте	адн	2958	2954	99,9	1148	325	1481
7	Выходные и праздн. дни	адн	2225	1507	67,7	528	141	838
Технико-эксплуатационные показатели								
8	Коэфф. использ. парка		0,7	0,73	100	0,69	0,68	0,71
9	Коэфф. исп. пробега с грузом		0,41	0,41	100	0,46	0,44	0,43
10	Коэфф. исп. грузоподъемности		0,74	0,71	96	0,54	0,67	0,55
11	Коэфф. технич. готовности		0,83	0,81	97,6	0,75	0,78	0,81
12	Среднесуточный пробег а/м	км	123,7	111,3	90	113,9	72,6	146,9
13	Сред. продолж. дня на линии	час	14,6	14,1	96,6	19,1	10,9	12,5
14	Выработка на 1 среднесписочную автомобиле-тонну							
	- в тоннах	т	2453,2	2649,9	100	3554,4	1504,6	1260,9
	- тонно-км	т-км	7398	7721	100	7662	5426	9714
15	Кол-во ездов с грузом	езд.	158718	177811	100	119693	9046	49072
16	Среднее расст. перевозки 1 т	км	3,02	2,91	96,6	2,16	3,61	7,70
17	Средняя длина ездки с грузом	км	3,95	3,69	93,4	2,30	3,52	7,11
18	Общий пробег	тыс. км	1511,3	1487,5	100	597,8	72,1	817,6
19	Пробег с грузом	тыс. км	626,6	655,9	100	275,3	31,8	348,7
20	Сред. вес перевоз. за 1 ездку груза	т	17,18	16,53	96,2	20,37	14,97	7,46
Производственные показатели								
21	Объем грузоперевозок	тыс. т	2727,1	2940,1	100	2438,3	135,4	366,3
22	Грузооборот	т.т-км	8223,5	8566,4	104,2	5256,3	488,3	2821,8

Совершенствование режимов ремонта ДВС за счет достижения эффективного объема, содержания и периодичности проведения ремонта возможно только при изучении закономерностей изменения технического состояния и их структурных деталей.

Существующие режимы ремонта имеют множество недостатков и не обеспечивают минимизации затрат по восстановлению утраченного ресурса. Проведение ремонта двигателей автомобилей сопровождается высокими затратами из-за отсутствия взаимодействия структурных подразделений авторемонтного предприятия между собой, нерационального использования запасных частей и отсутствия их в наличии, нарушения технологического процесса проведения ремонта, использования некачественных материалов и запасных частей, отсутствия современного оборудования для ремонта и других факторов.

Недостатками существующих режимов ремонта ДВС также являются низкое качество выполняемых работ, высокая стоимость услуг и значительная продолжительность простоев в ремонте. Существующие режимы ремонта ДВС с их финансовым обеспечением не отражают достигнутого уровня ремонтпригодности автомобилей и, как следствие, не обеспечивают полного использования ресурса большинства агрегатов, узлов и деталей автомобилей.

Проведение капитального ремонта автомобилей позволяет восстановить утраченную работоспособность агрегатов, узлов и деталей, но сопровождается высокими затратами на его проведение. С целью снижения затрат на проведение капитального ремонта необходимо проводить восстановление изношенных деталей с учетом экономической целесообразности.

В результате исследований определены планируемые и фактические значения технико-эксплуатационных показателей автотранспортного цеха горно-обогатительного комбината. Выявлено, что полученные фактические значения практически соответствуют запланированным. Это говорит о том, что на предприятии ведется анализ и учет работы карьерных автомобилей,

планирование перевозок и продолжительность работы карьерного транспорта, оценивается готовность выпуска автомобилей на линию.

В настоящее время на горно-обогатительных комбинатах формируют цеха по ремонту механического оборудования и автотранспорта. Здесь будут производиться работы по ремонту горнотранспортного, фабричного и металлургического оборудования [44]. Создание собственного цеха на базе предприятия позволит снизить простои транспорта по причине проведения ремонта, а также снизить затраты, связанные с восстановлением или поддержанием работоспособности автомобилей [36].

Помимо ремонта большегрузных самосвалов и экскаваторов на участках управления по ремонту оборудования горно-обогатительных комбинатов изготавливают кузова самосвалов, запасные части с различной термообработкой, восстановление деталей наплавкой и др. [44] Ремонтный персонал осуществляет свою работу на современном технологическом оборудовании [36].

Основная проблема горно-обогатительных комбинатов - это наличие простоев техники по причине возникновения отказов и неисправностей. Требуется разработка организационно-технических мероприятий по сокращению простоев автомобилей в ремонте, времени и затрат на проведение ремонта, увеличение наработки и межремонтного периода [52]. Для решения этой задачи на ГОКах ежемесячно проводится анализ видов и количества возникающих отказов, причин и их последствий; имеется регламент по ведению контроля за запасными частями; используется картографирование (лучшее использование трудовых ресурсов при проведении ремонта); поощрение рабочего персонала, осуществляющих свою деятельность с целью снижения простоя транспорта. Данные мероприятия позволяют снизить время ремонтных воздействий и число возникающих простоев, чему свидетельствует рисунок 1.7.

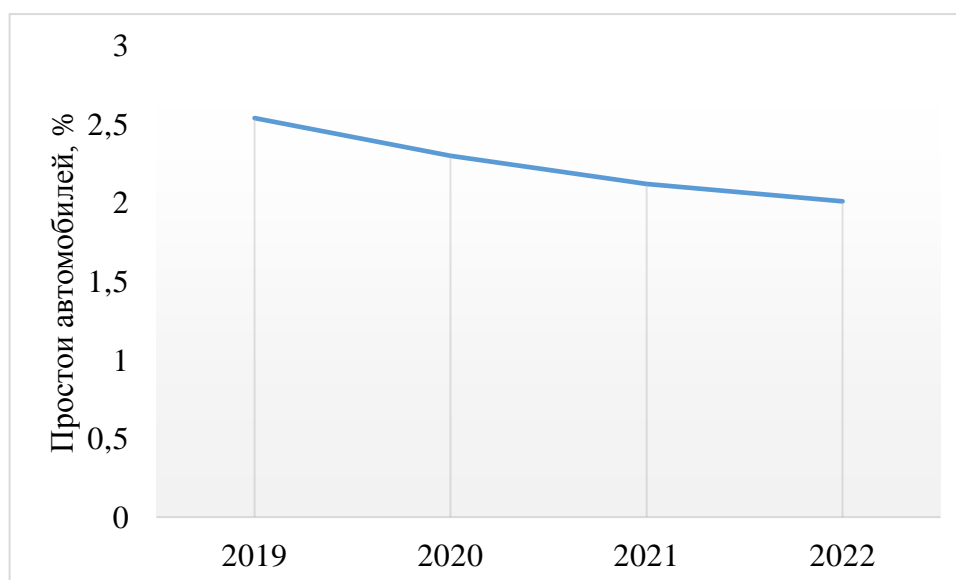


Рисунок 1.7 – Динамика простоев автомобилей

Для всех моделей автомобильного транспорта имеется утвержденная структура ремонтного цикла, которая определяет виды и количество проводимых работ по ремонту [6]. Планирование ремонта осуществляется с помощью спектрального SOS-анализа, определяющего остаточный ресурс агрегатов, что позволяет снизить число капитальных ремонтов [36, 44].

Для проведения ТО большегрузной техники на Лебединском ГОКе имеется участок технического обслуживания, состоящий из 2 постов. Один пост осуществляет обслуживание одной марки самосвалов, а на другом другой. Для карьерного автомобильного транспорта предусматривается иная система технического обслуживания, чем принятая система ТО для автомобилей. Отличие состоит в том, что организация системы технического обслуживания и ремонта карьерного автомобильного транспорта включает в себя 5 ТО. В состав работ ТО включаются работы из перечня ТО-1 и ТО-2. Работы по ТО-1 проводятся регулярно при любой постановке автомобиля на обслуживание, а работы по ТО-2 равномерно распределены по всем пяти ТО. Техническое обслуживание для карьерного транспорта проводится через равные промежутки времени, а каждое пятое ТО проводится по периодичности ТО-2 [44].

Контроль за эффективностью проведенных работ по ТО осуществляется сформированными листами технического обслуживания, в которых представлены наименования проведенных работ, наименования и количество применяемых запасных частей и расходных материалов, ФИО ответственных сотрудников, проводимых работы [44].

Для восстановления утраченной работоспособности агрегатов, механизмов, узлов автомобиля применяются текущие, плановые и капитальные ремонты двигателей карьерного транспорта.

Капитальный ремонт карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 включает в себя восстановление или замену деталей двигателя, гидромеханической трансмиссии и маслоохлаждаемых тормозов, редуктора мотор-колеса, цилиндра подъемного механизма, цилиндра подвески, цилиндров поворота, рамы и грузовой платформы, тягового электропривода, ремонта шин и ободьев, кабины, гидравлической системы.

Капитальный ремонт агрегатов проводится в транспортном цеху горно-обогатительного комбината редко и только в случае наличия необходимого оборудования инструмента, а также запасных частей и материалов [44].

Для снижения числа ремонтов уделяется особое внимание контролю за техническим состоянием профилей шин и дорожного полотна. Ремонт шин производится в транспортном цеху и на линии непосредственно в карьере [44].

Управление технологическим процессом на территории горно-обогатительного комбината производится с помощью спутниковой системы ГЛОНАСС-GPS [31, 76]. Диспетчеризация автосамосвалов осуществляется с помощью автоматизированной системы «Модулар» [64, 76]. Данными системами производится поддержание на необходимом уровне работоспособного состояния автомобилей и контроль за его агрегатами, узлами и деталями [2, 104].

Несмотря на надежное функционирование ремонтной службы горно-обогатительного комбината количество внеплановых ремонтов двигателей

значительно велико, минимизация затрат на ремонт не достигнута, поэтому необходимо повышение эффективности технической эксплуатации карьерных самосвалов путем совершенствования режимов ремонта ДВС [35, 43, 56].

1.4 Выводы по главе

1. Проведен анализ теоретических исследований в области совершенствования существующих режимов ремонта ДВС. Установлено, что в научных трудах авторов, рассматривались некоторые отдельные аспекты организации проведения ремонта транспортных средств, имеющие практическую направленность без достаточного научного обоснования комплекса взаимосвязанных вопросов, обеспечивающих необходимую эффективность проведения ремонта.

2. Выявлено, что в рассмотренных работах проведение ремонта не рассматривалось комплексно с учётом технических, экономических и организационных вопросов. Поэтому требуется решить ряд задач на основе системного подхода, направленных на совершенствование режимов ремонта ДВС, позволяющих снизить материальные и временные затраты на восстановление работоспособности карьерных автомобильных двигателей, в том числе снизить простои карьерного транспорта по причине возникновения отказов и неисправностей, а также обеспечить максимальный ресурс двигателей. Замена деталей двигателей восстановленными деталями должна учитывать отличительные конструктивные особенности современных двигателей, применяемых в настоящее время на карьерном автомобильном транспорте.

3. Установлено, что в настоящее время ремонт, включающий в себя замену поврежденных и изношенных деталей восстановленными деталями, является одним из перспективных методов обеспечения и восстановления

работоспособности автомобильных двигателей, но данный вопрос требует научного обоснования.

4. Установлено, что для повышения эффективности эксплуатации карьерного автомобильного транспорта необходимо совершенствование существующих режимов ремонта ДВС, с учетом применения восстановленных деталей при ремонте, что позволит обеспечить: контроль и эффективное управление технологическим процессом проведения ремонта; высокую производительность автомобилей; высокий показатель коэффициента технической готовности; правильный выбор резервирования запасных частей; снизить простои в ремонте; применить эффективные режимы обкатки после ремонта агрегатов для увеличения наработки и межремонтного периода.

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ

2.1 Резервирование и восстановление запасных частей для выполнения ремонта двигателей карьерных самосвалов

Восстановление поврежденных и изношенных узлов и деталей автомобильных двигателей должно быть организовано после определения целесообразности, а в противном случае выполняется их замена. Данные работы выполняются на автосервисах, площадях ремонтных цехов автотранспортных предприятий, которые располагают необходимым оборудованием и инструментом, производственной мощностью для проведения разборочно-сборочных и сопутствующих им работ.

Раздельная организация работ по замене поврежденных и изношенных деталей и их восстановлению еще в большей степени подтверждает целесообразность такого направления, поскольку разборочно-сборочные работы при ремонте являются вспомогательными и необходимыми для осуществления контроля, сортировки и последующего восстановления деталей. Эти работы также не требуют сложного технологического оборудования.

Восстановление деталей является основным видом работ для специализированных ремонтных предприятий. Следовательно, для их выполнения потребуется более сложное и дорогостоящее оборудование.

Планируемая периодичность замены отдельных деталей и узлов является условием резервирования как основы поддержания надёжности автомобилей на заданном уровне.

Резервирование на автомобильном транспорте заключается в наличии избыточности определённой части запасных частей, узлов и агрегатов в сборе.

Рассмотрев влияние создания резерва на надёжность работы карьерных самосвалов можно сделать предположение, что длительность замены неисправного узла (детали) ничтожно мала по сравнению с длительностью безотказной работы карьерных самосвалов, в данном случае, ею можно пренебречь. Возможность такого допущения подтверждается тем, что длительность простоя для замены основных узлов двигателя не превышает 2% от его рабочего времени. При выполнении замены в межсменное (нерабочее) время длительность восстановления работоспособности карьерных самосвалов приравнивается к нулю, т.к. плановый ремонт (ПР), в этом случае, выполняется в естественные перерывы в работе.

При этом можно считать, что восстановление работоспособности карьерных самосвалов происходит мгновенно, поэтому применимы все основные положения теории резервирования технических устройств.

Согласно теории надёжности сложных механических систем резервирование бывает общим и поэлементным.

Если двигатель резервируется в целом – это будет называться общим резервированием, а когда резервируются отдельные детали (узлы и детали) – поэлементным.

Как общее, так и поэлементное резервирование по способу включения резерва может быть с постоянно действующим резервом и замещением (холодный резерв).

Постоянно действующий резерв, одновременно работающий с основным, для карьерных самосвалов малопригоден. Резерв с замещением, до отказа основной детали, находится в рабочем состоянии и хранится на складе. Такой резерв до включения его в работу должен быть работоспособным.

Преимуществом резерва с замещением является то, что основную деталь у любого двигателя можно заменить резервной (скользящее резервирование). Это будет способствовать значительному сокращению количества резервных

деталей при одновременно заданном уровне надёжности (резервирование с дробной кратностью).

Двигатель - это агрегат, состоящий из большого количества сборочных единиц и деталей. Возникновение отказов и неисправностей одной из деталей двигателя может привести к потере работоспособного состояния карьерного самосвала в целом.

Для расчетов повреждение двигателя рассматривается как наступившее случайное событие. По теории вероятностей надёжность работы двигателя определяется по формуле:

$$P_d^0 = P_1(l) P_2(l) P_3(l) \dots P_i(l) \dots P_n(l) = \prod P_i(l), \quad (2.1)$$

где $P_1(l) P_2(l) P_3(l) \dots P_i(l)$ - надёжность работы отдельных деталей (узлов) двигателя.

Вероятность отказа $q_i(l)$ и вероятность рабочего состояния детали двигателя (узла) $P_i(l)$ в определенном промежутке времени (интервала наработки) связаны следующим соотношением:

$$P_i(l) + q_i(l) = 1;$$

$$q_i(l) = 1 - P_i(l).$$

Пусть какой-то узел, достигнув предельного состояния (например, по износу), заменяется резервным, тогда вероятность отказа i -го узла, с учётом ввода резервного, будет иметь вид:

$$Q_i(l) = q_i(l) \cdot q_i(l);$$

$$Q_i(l) = [1 - P_i(l)]^2,$$

тогда надёжность этого узла определяется по формуле:

$$P_i(l) = 1 - Q_i(l) = 1 - q_i^2(l) = 1 - [1 - P_i(l)]^2. \quad (2.2)$$

При наличии $m - 1$ резервных узлов одного наименования надёжность узла определяется по формуле:

$$P_i(l) = 1 - Q_i(l) = 1 - q_i^m(l) = 1 - [1 - P_i(l)]^m. \quad (2.3)$$

Надёжность работы двигателя, состоящего из « n » узлов, каждый из которых зарезервирован в количестве « $m_i - 1$ » штук, определяется по формуле:

$$P'_g(l) = \prod_{i=1}^n \cdot P_i(l) = \prod_{i=1}^n \{1 - [1 - P_i(l)]^{m_i}\}. \quad (2.4)$$

Вероятность безотказной работы карьерного самосвала с отсутствием резервированного двигателя, в данном интервале, определяется по формуле 2.1.

При наличии комплекта всех запасных частей, приведенных в приложении Б, надёжность работы карьерного самосвала определяется по формуле 2.4.

При наличии в запасе двигателя в сборе вместо отдельных узлов и деталей, надёжность двигателя с учетом резервного представлена выражением:

$$P_g(l) = 1 - [1 - P_g^0(l)]^2. \quad (2.5)$$

В настоящее время имеются объективные предпосылки для организации проведения ремонта автомобильных двигателей и других узлов и деталей, в основе которых лежит замена, подверженных максимальному износу, деталей двигателя восстановленными [45]. Это приведёт к снижению потерь от простоев карьерного транспорта и количества выполняемых дорогостоящих капитальных ремонтов [51].

Для выполнения резервирования запасных частей двигателя, в том числе восстановленных деталей, при проведении ремонта необходимо выполнить анализ существующих режимов ремонта двигателей, в результате которого определятся положительные и отрицательные стороны, позволяющие повысить эффективность карьерных самосвалов путем совершенствования режимов ремонта ДВС с минимальными затратами и повышающие ресурс деталей двигателя.

2.2 Сравнительная оценка режимов ремонта двигателей карьерных самосвалов

В настоящее время значительное внимание уделяется вопросам совершенствования режимов ремонта двигателей и агрегатов [102]. В работе

П. Насе рассматривается некоторое транспортное средство, на котором за определенный срок службы выполняется один капитальный ремонт. В данном случае появляется необходимость определить оптимальную величину доремонтного периода и оптимальный срок службы, при котором прибыль, приносимая автомобилем, будет максимальной [97, 101].

Чистая прибыль за весь срок службы транспортного средства, руб. определяется по формуле:

$$B(t) = \int_0^T [W \cdot x(t) - Q(t)] \cdot e^{-\delta t} dt + S(T) \cdot e^{-\delta T}, \quad (2.6)$$

где $e^{-\delta t}$ – постоянно заменяемое выражение для вычисления сложных процессов, которое дает возможность одновременно определить все расходы и доходы, причем $\delta = P - \frac{P^2}{2} + \frac{P^3}{3}$; P – норма дисконтирования затрат; $S(t)e^{-\delta T}$ – сумма, за которую можно продать транспортное средство после « T » лет ее эксплуатации, руб.; $Q(t)$ – стоимость годовой продукции в руб., $x(t)$ – годовая выработка единицы продукции в шт. (тонах, т.км и т.д.); W – цена единицы выработанной продукции в руб./шт. (руб./т, руб./т.км и т.д.) [97, 101].

Пусть в момент времени t_m имеется возможность выполнить ремонт двигателя или агрегата, затратив при этом R средств и получить дополнительную прибыль от ремонта $G(t_m, T)$, как функционал 2-х искомым переменных [101].

Тогда функционал суммарной прибыли, примет вид:

$$B(t_m, T) = \int_0^T V(t) \cdot e^{-\delta t} dt + \int_{t_m}^T G(t_m, T) dt - R \cdot e^{-\delta t_m} + S(t_m, T) e^{-\delta T}, \quad (2.7)$$

где $V(t) = W \cdot x(t) - Q(t)$

Приравнявая к нулю частные производные по t_m и T и решая систему двух уравнений, определяются t_m^* и T^* , соответствующие оптимальным значениям срока службы двигателя и доремонтного периода [101].

В данном выражении не учтены затраты на приобретение транспортного средства, а функции G , V и S предполагаются непрерывными, что является условием интегрирования функции [101].

Если в промежутке $0-t_M$ доход и стоимость транспортного средства можно принять непрерывными, то после ремонта, значение функции дохода значительно увеличится, следовательно, $V(t)$ имеет разрыв, что представлено на рисунке 2.1 [101].

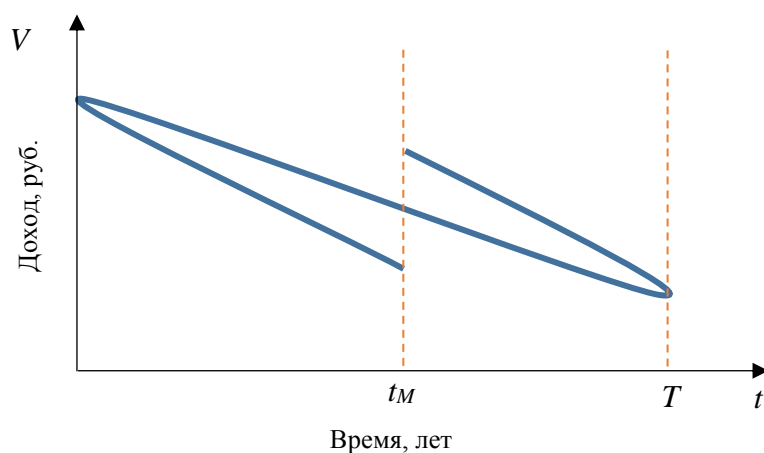


Рисунок 2.1 - График изменения функции дохода $V(t)$

Аналогично происходит и с функцией S , представленной на рисунке 2.2. Непрерывные кривые изменения функций V и S в зависимости от срока службы транспортного средства обозначены пунктирными линиями. При проведении нескольких ремонтов за весь срок службы автомобиля функции G , V и S станут многомерными, и решение задачи значительно усложнится [97].

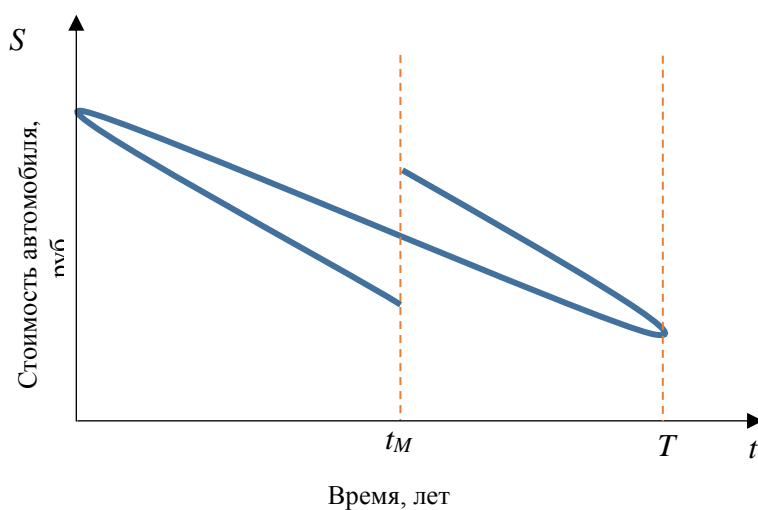


Рисунок 2.2 - График изменения функции стоимости автомобиля $S(t)$

Система технического обслуживания и ремонта, предложенная зарубежными авторами, такими как К. Шмидт и Б. Наслунг – это множество равных по стоимости технических обслуживаний и ремонтов через одинаковые отрезки времени [80].

Во многих работах, рассмотренных авторов выше, применяется метод классического анализа, но он имеет свои недостатки, например, ограниченность применения, поэтому требуется внедрение других методов, к которым можно отнести метод динамического программирования [80].

Проведя анализ эксплуатации транспортных средств в течение определенного времени, авторами С. Дрейфус и Р. Беллман был установлен срок замены деталей с целью получения наибольшей прибыли, а также предопределялся момент проведения ремонтов. В их методике предполагалось проведение ремонтов автомобилей через одинаковые отрезки времени в течение установленного срока службы автомобиля [9].

Для того, чтобы найти оптимальный процесс работы автомобильных двигателей с помощью классического анализа требуется при замене их деталей в моменты времени $\tau = \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$, применение n частных производных от $f(\tau, t)$ и решение системы из n уравнений. Это является недостатком предложенного режима ремонта. Для решения этой системы необходимо использовать метод динамического программирования, который дает возможность решить систему с помощью простых задач [103].

Предлагаемый режим ремонта теоретически обоснован, однако его сложно применить на практике, т.к. ремонт транспортных средств предлагается осуществлять через равные определенные промежутки времени в течение установленного срока службы автомобиля. Это утверждение на практике неверно, потому как разные автомобили имеют разную наработку, разные сроки службы, разные стоимости обслуживаний и ремонта.

Более точную модель предложил Дж. Хедли. Он в своей методике вводит понятие капитального ремонта, но его рекомендуется проводить через

равные промежутки времени [84]. При эксплуатации автомобилей такой режим ремонта также, как и предыдущие режимы ремонта ДВС, описанные выше, невозможен [80].

У модели Р. Ховарда очень сложный для решения математический аппарат, т.к. применяются сведения из теорий марковских процессов, которые имеют еще и приближенные модели. Наличие таких моделей позволяет упростить решение уравнений. Целью данного исследования было определение оптимального момента списания или продажи транспортного средства. Вводимые автором в своей модели являются составляющими разработанного им режима ремонта, но хаотичный выбор их числа не дает возможности применять его на практике [85].

В моделях, представленных авторами выше, показано, что не только технические обслуживания транспортных средств должны проводиться через одинаковые промежутки времени, но и их ремонты. Недостатком таких моделей является отсутствие исследований с экономической точки зрения, подтверждающей их целесообразность и обеспечивающих минимальные затраты на их проведение.

Зарубежные авторы в своих моделях основное внимание уделяют определению выгодной продажи автомобиля, что не всегда является правильным, поскольку на практике эксплуатация автомобилей связана с возникновением отказов и неисправностей, которые следует устранять с наименьшими затратами [80, 85]. Поэтому снижение материальных и временных затрат, связанных с восстановлением работоспособностей, также должно иметь первостепенное значение [80, 107].

В отечественной и зарубежной литературе довольно широко представлено профилактическое обслуживание систем [80]. Как и для механических систем, система технического обслуживания и ремонта – это комплекс мероприятий, восстанавливающих первоначальное техническое состояние системы (детали) и предупреждающих возникновение отказа.

Описываемый Е. Велкер и С. Брэдли «блок-метод» восстановления первоначального технического состояния основан на том, что через регулярные промежутки времени работы системы (детали), независимо ни от каких обстоятельств проводится принудительная замена детали на эквивалентный ему новый. При отказе детали между двумя принудительными заменами он заменяется на новый, что не всегда экономически целесообразно [115].

«Возрастной» метод профилактики, описываемый Р. Барлоу и др. заключается в следующем: деталь двигателя заменяется принудительно только в том случае, если он имеет наработку от момента установки, равную T . При отказе детали, если он отработал время $T_1 < T$, он заменяется новым и назначается следующий интервал времени T . Если в течение этого времени деталь не откажет, его заменят принудительно. Следовательно, детали с «возрастом» заменяются либо при отказе менее T , либо не отказавшие, но имеющие возраст, равный T .

В перечисленных выше случаях, как с отказом, так и с принудительной заменой деталей, имеют место потери. Известно, что потери от отказа всегда имеют большую величину. Это связано, прежде всего, с тем, что отказ во время работы носит аварийный характер, и не всегда можно принять экстренные меры по его устранению. В то же время профилактические замены всегда планируются и для их проведения в сжатые сроки возможно привлечение дополнительного персонала. Этим и объясняется выгода проведения профилактических замен.

Выбор оптимального режима профилактики заключается в определении значения T , при котором средние удельные потери, отнесенные к единице чистой наработки системы, будут минимальными. После замены необходимо оценить возможность и целесообразность восстановления замененной детали, поэтому детально требуется рассмотреть процесс восстановления.

Имеется ряд исследований, посвященных режимам восстановления, в основе которых лежит учет данных изменения параметров систем. В этом случае рассматриваются ситуации, при которых отказ квалифицируется как выход некоторого случайно изменяющегося параметра-детали за некоторые заранее установленные пределы.

Режим ремонта, описанный К. Дерман и С. Саак, сводится к следующему: проверка деталей системы через регулярные промежутки времени, при которой прирост значений параметра за интервалы между проверками есть некоторая положительная случайная величина. В последующем устанавливается предельный допустимый уровень величины параметра. В случае обнаружения, при очередной проверке, что параметр выходит (вышел) за некоторый критический уровень, проводится принудительная замена детали. Во время функционирования детали определяется функционал, который определяет математическое ожидание потерь от отказов и принудительных замен, а затем вычисляется величина критического уровня параметра, минимизирующая эти потери.

В представленных работах математический аппарат и формулы сложны для восприятия, что делает их малоприменимыми для инженерных расчетов. Существующие методы оптимизации профилактических мероприятий рассчитаны на обслуживание отдельных систем. Такие усложненные процедуры вполне допустимы при поиске неисправностей и их устранении у сложных систем.

Поскольку автомобиль, как техническая система, характеризуется массовостью и значительным скоплением в одном месте, применение сложных процедур профилактики и алгоритмов его оптимизации не приемлемы.

К числу фундаментальных работ по совершенствованию режимов ремонта ДВС, в основе которых лежит долговечность деталей, принадлежит А.С. Проникову [49]. Совершенствование режимов ремонта ДВС, которое

состоит из двух этапов: сначала определяется ремонтный цикл, а затем периоды проведения ремонта. Оптимальная структура межремонтного цикла определяется из условия, что в цикле назначается такое количество плановых ремонтов, которое при прочих равных условиях обеспечивает максимум коэффициента долговечности детали, узла, агрегата [17, 35, 49]. Коэффициент долговечности детали, узла, агрегата определяется соотношением:

$$\eta_d = \frac{1}{1 + \sum \frac{\tau_i}{T_i}}, \quad (2.8)$$

где τ_i - трудоёмкость ремонта i -й группы деталей, узла, агрегата, чел.ч.; T_i - величина i -го технического периода, км (ч); i - индекс группы деталей [49].

Минимизация относительных технических потерь, руб., осуществляется по следующей зависимости:

$$Z = \sum_{i=1}^n \frac{\tau_i}{T_i}. \quad (2.9)$$

Для анализа структуры ремонтного цикла все детали, узлы, агрегаты делятся на группы по срокам их службы. Количество групп деталей (l), восстанавливаемых при ремонте, шт., определяются из соотношения:

$$l = \frac{T_{\max}}{T_1}, \quad (2.10)$$

где T_{\max} - срок службы деталей с максимальной долговечностью, км (ч); T_1 - срок службы наименее долговечной группы деталей, км (ч). [49].

Затем устанавливается такое соотношение между объёмами работ при межремонтном обслуживании, при котором обеспечивается минимальная трудоёмкость для данных условий эксплуатации. Аналитическое решение поставленной задачи осуществляется по следующим этапам:

1. Устанавливается зависимость между относительными ремонтными потерями при межремонтном обслуживании Z_m и величиной межремонтного периода T_1 ;

2. Устанавливается зависимость между T_1 и Z_n ,

где: Z_n - относительные потери при ремонте;

3. Определяется зависимость между суммарными относительными потерями и межремонтным периодом, из которого определяется величина T_1 , соответствующая минимуму потерь и, следовательно, обеспечивающая максимум коэффициента долговечности η_d [49].

Графическая интерпретация определения оптимальной величины межремонтного периода приведена на рисунке 2.3 [49].

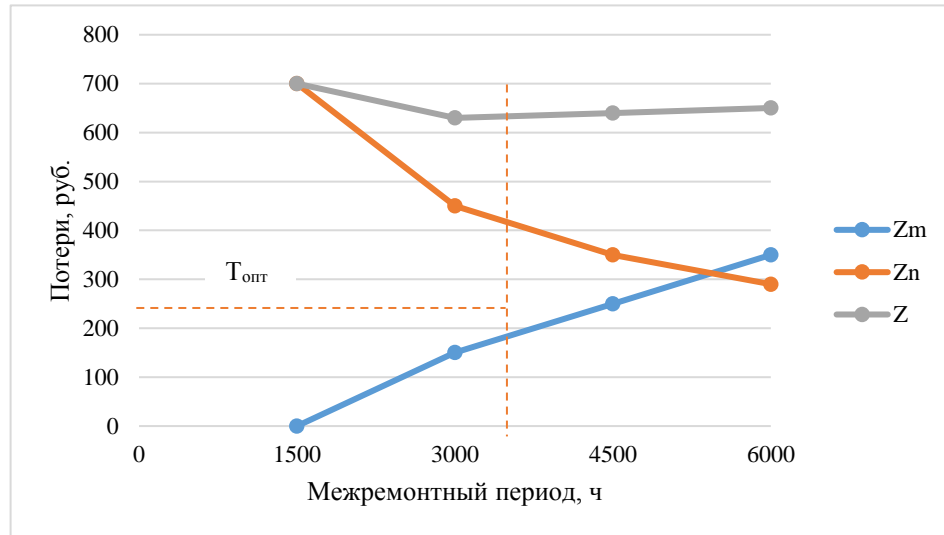


Рисунок 2.3 - Зависимость относительных ремонтных потерь от длительности межремонтного периода: Z – общие зависимости ремонтных потерь от длительности межремонтного периода; Z_n – относительные потери при периодических технических обслуживаниях; Z_m – межремонтное обслуживание

В каждом цикле методикой предусмотрено равное количество межремонтных периодов. Установление структуры ремонтного цикла и последующее определение величины межремонтных периодов ведется без ограничения продолжительности ремонтного цикла по отношению к общему сроку службы автомобиля, поэтому принимать в качестве критерия оптимальности $\eta_d \rightarrow \max$, неправомерно, поскольку период усовершенствования не указан [83]. Кроме того, η_d не является экономически обоснованным критерием, так как он характеризует готовность парка и его можно достичь ценой значительных затрат, а трудоёмкость, предусмотренная на ремонт, сама по себе не определяет эти затраты [49].

Анализируя методику А.С. Проникова, можно сделать вывод, что решение задачи по совершенствованию режимов ремонтов ДВС требуют дальнейшего научного обоснования [49].

При экономическом обосновании совершенствования режимов ремонта ДВС, немаловажным является установление связи между кратностью сроков службы деталей и транспортного средства, а также затратами на ремонт [49].

В модели, предложенной Ю.Н. Артемьевым, описаны затраты, связанные с заменой деталей автомобиля, руб., которые определяются по формуле:

$$C_d = \sum \left[\frac{T - T_n - \left[\frac{t_j - T_n}{t_m} \right]}{t_m} \cdot C_j \right] \cdot C_j, \quad (2.11)$$

где T_n – срок службы автомобиля до первого ремонта (принимается постоянным), км (ч); t_j – срок службы j -го детали, км (ч); t_m – межремонтный срок службы автомобиля, км (ч); C_j – себестоимость детали, руб./шт. [7].

В методике, несмотря на прогрессивность такого подхода, применение рационального режима ремонта ДВС не обосновывается. Поэтому автор ограничивается только рассмотрением вопросов организации и технологии ремонтных работ [7].

Авторы Е.С. Кузнецов и В.Н. Сухарников предлагают определять периодичность проведения ремонта по доверительному уровню вероятности. Особенность состоит в том, что необходимо построить усиленную кривую накопления отказов (или надёжности) и задаться допустимым уровнем вероятности P_d . За искомое значение периодичности проведения ремонта принимается соответствующая этому уровню наработки [77].

Схема использования доверительного уровня вероятности при выявлении периодичности ремонта представлена на рисунке 2.4 [77].

Рассматриваемые режимы установления периодичности проведения ремонта ДВС автомобилей будут применимы только в том случае, если после каждого ремонта техническое состояние агрегата полностью

восстанавливается, и его надёжность становится равной единице. При этом выполнение ремонта с некоторой периодичностью l_0 будет обеспечивать заданный уровень надёжности. Такое предположение считать достоверным нельзя, поскольку замена не обеспечивает надёжности равной единице. Следовательно, установленная периодичность не обеспечивает, в данном случае, заданного уровня надёжности [77].

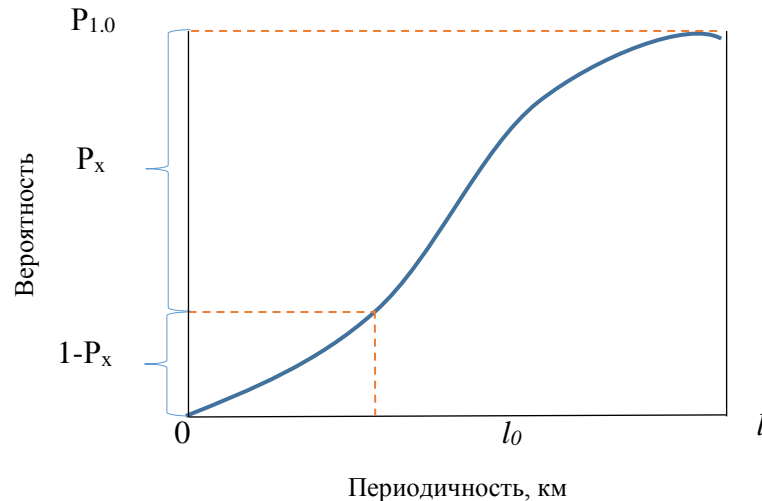


Рисунок 2.4 - Определение периодичности проведения ремонта по доверительному уровню вероятности

Методика, предложенная В.М. Михлиным, усовершенствует режимы ремонта транспортных средств. Его методика показывает способ снижения затрат на ремонт в определенный промежуток времени с помощью установления равных межремонтных периодов n . Автор рассматривает детерминированный вариант, по которому определяет срок службы узла или агрегата без учета его старения. В этом случае, целевая функция имеет вид:

$$C_d = \frac{\sum_{j=1}^n C_j \left[\frac{T}{t_M} + D \left[\frac{T}{t_M} + 1 \right] + f(t_M) \right]}{T} \rightarrow \min, \quad (2.12)$$

где D – стоимость ремонта (без стоимости запасных частей), руб.; $f(t_M)$ – эксплуатационные затраты, руб.; T – срок службы автомобиля, ч; t_M – межремонтный срок службы автомобиля, км (ч) [40].

Расчет по методике В.М. Михлина включает в себя следующие особенности:

- определение срока службы, трудозатраты, расход запасных частей и материалов D и $f(t_m)$;
- ранжирование деталей двигателей по срокам службы;
- предложение меньшего числа технических воздействий и установка срока службы;
- задаются T и рассматриваются все возможные варианты величин межремонтных периодов;
- находится t_m^* , при котором удельные затраты минимальны [40].

Целевая функция (2.12) не отражает стоимость автомобиля и его остаточную стоимость. Это означает, что В.М. Михлин не определяет срок службы автомобиля, а предполагает его заданным. Он принимает, что эксплуатационные расходы не зависят от общего срока службы, а это далеко не так [40].

Методика В.М. Михлина применяет понятия и терминологию теории надёжности, поэтому задача решается посредством полного перебора, а это очень трудоемкий процесс, и методика нуждается в совершенствовании [40].

Модель, предложенная М.А. Халфиным, задаёт вероятностное распределение сроков службы деталей $\varphi_j(t)$. Общие затраты на замену деталей определяются следующим выражением:

$$C_i = \sum_{j=1}^n C_j \int_{t_{i-1}}^{t_i} \varphi_j(t) dt, \quad i = \overline{1, m}. \quad (2.13)$$

В приведенной модели с увеличением интервала t_{i-1}, t_i , затраты на замену будут расти, поскольку C_i зависит от m интервалов. С уменьшением величины межремонтных периодов количество замен увеличивается, что и приводит к увеличению затрат на ремонт, а эта особенность не учтена, поэтому модель М.А. Халфина имеет те же недостатки, что и модель В.М. Михлина [40].

Методика, предложенная Э. Баффа, основывается на статистических испытаниях, в основе которых лежит долговечность деталей и количество

издержек, затрачиваемых на восстановление работоспособного состояния. Метод статистических испытаний определяет организацию ремонта на примере отказа 3-х подшипников. Предложено в его методике несколько вариантов устранения данной неисправности: замена каждого подшипника после полного отказа; замена 3-х подшипников в случае отказа одного; замена всех подшипников, в случае наработки более 1700 часов. Выбор наилучшего варианта режима ремонта определяется по минимуму суммарных затрат на ремонт. В связи со сложностью расчетов автором предложено моделирование оценки альтернативных вариантов режимов ремонта ДВС и проведение их с использованием ЭВМ [48].

Совершенствование режимов ремонта ДВС карьерных самосвалов с учетом выгод от совместной замены деталей и узлов автомобиля является наиболее приемлемым вариантом. В то же время автор не предлагает конкретной методики совершенствования режимов ремонта ДВС.

В основу модели Р.Н. Колегаева положена одновременная замена деталей, учитывающая следующие аспекты:

- при высоких показателях целесообразности и рентабельности ремонт будет осуществляться с минимальными затратами;
- рациональный режим ремонта ДВС организовывается для каждого конкретного случая с учетом условий эксплуатации автомобилей, периодичности проведения ремонта и срока службы;
- первоначальное объединение деталей по признаку долговечности не позволит снизить затраты на ремонт, поэтому требуется сначала определить способы объединения деталей;
- рациональный режим ремонта ДВС включает в себя проведение ремонта через установленные промежутки времени и различное число ремонтов за весь срок службы;
- в течение всего срока службы двигателя величины межремонтных периодов могут меняться [29].

Методика Р.Н. Колегаева не конкретизирована, но в сравнении с методиками, предложенными авторами выше, является наиболее обоснованной и экономически целесообразной [29].

На автомобильном транспорте также ведутся работы для повышения эффективности его эксплуатации.

Модель А.М. Шейнина моделирует режимы ремонта с двух сторон: с одной стороны, деталь заменяется после полной отработки ресурса L_p , который обеспечивает безотказность работы; с другой стороны, в случае отказа одной детали заменяется полностью сборочная единица [96, 97].

С учетом анализа, предложенных стратегий А.М. Шейнина, можно сделать вывод, что наиболее предпочтительной с точки зрения целесообразности является полная замена всей группы деталей при отказе одной детали. Недостатком представленной модели является то, что в обеих стратегиях не учитывается окончательная стоимость проведения ремонта. А также его методика предполагает распределение отказов деталей по нормальному закону, что на практике не всегда имеет место быть [96, 97].

В основе модели В.Д. Демченко лежит долговечность деталей и величина затрат на восстановление поврежденных деталей. Рентабельность работы автомобиля в его модели определяется величиной общей наработки, наработкой до капитального ремонта и общего числа ремонтов. Недостатком такого режима ремонта ДВС является отсутствие ограничений по периодичности проведения ремонта, а также ремонтного цикла.

Усовершенствование режимов ремонта ДВС достигается с помощью метода Монте-Карло, который является важным инструментом для анализа подобных задач. Применение этого метода связано с необходимостью предварительного аналитического описания системы. Для получения достаточно достоверных результатов необходимо проведение значительного объема расчетных работ и больших временных затрат.

В методике, описанной Ю.Н. Артемьевым, перечень деталей трактора определялся анализом их долговечности и стоимости восстановления работоспособности. Автором, для трактора в целом, минимизируется удельная стоимость ($C_{тр}$) ремонта, руб. В этом случае, целевая функция определяется по выражению:

$$C_{тр} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_{pi} + C_{oi} + C_{ofi}}{T_{mpi}} \right) \cdot \frac{t_{пр} \cdot C_{пр}}{T_{мрmax}}, \quad (2.14)$$

где C_{pi} , C_{oi} , C_{ofi} – суммарные стоимости ремонта, восстановления, устранения отказа, создания и поддержания оборотного фонда, руб.; n – количество сменных деталей в тракторе, шт.; T_{mpi} , $T_{мрmax}$ – межремонтный ресурс i -го и имеющего наибольший ресурс комплекта, км; $t_{пр}$ – суммарное время продолжительности простоя по техническим причинам; $C_{пр}$ – средняя стоимость простоя трактора, руб. [7]

В методике Ю.Н. Артемьева учитываются следующие ограничения:

- минимально затрачиваемое время на замену групп деталей по сравнению с полным устранением неисправности;
- ресурс групп деталей является равнозначным и кратным;
- наличие существенной разницы в межремонтных ресурсах между группами деталей [7].

В данном случае указанные выше ограничения позволяют уменьшить количество просчитываемых вариантов, но алгоритмическая часть задачи отсутствует, и предусматривается оптимизация методом полного перебора [7].

Все существующие методы повышения эффективности эксплуатации автомобилей, как показал анализ, могут быть дифференцированы на две группы в зависимости от исходной информации [11, 41].

В основе 1-й группы дифференцирования лежит организация ремонта ДВС, построенная на функциях экономических затрат и доходов. Считается, что условия проведения ремонта заданы, и они известны. Для совершенствования режимов ремонта ДВС требуется определить периодичность его проведения.

Вторая группа дифференцирования основывается на ресурсе автомобилей. В данном случае совершенствование режимов ремонта ДВС заключается в первоначальном определении структуры и периодичности их проведения. Для повышения эффективности автомобилей путем совершенствования режимов ремонта ДВС не учитывается ряд факторов, существенно влияющих на получаемый результат принимаемого решения: потери ресурса при дополнительной приработке; потери прибыли или дохода, приносимого автомобилем при недоиспользовании ресурса и др.

Совершенствование режимов ремонта двигателей карьерных автомобилей требует обоснования и применения двух подходов, которые будут одновременно учитывать экономические функции затрат и доходов и ресурс автомобиля. Для этого требуется разработка научно-методических и организационно-технических основ [56].

2.3 Математическое моделирование рационального режима ремонта двигателей карьерных самосвалов

В настоящее время восстановление работоспособности карьерных автомобильных двигателей является своевременным и актуальным. Применение и эффективное использование ремонта двигателя заменой, подверженных максимальному износу, деталей двигателя восстановленными, невозможно без разработки научно-методических и организационно-технических его основ.

Первостепенной задачей повышения эффективности карьерных самосвалов является разработка объема, содержания и периодичности проведения ремонта двигателей карьерных автомобилей.

На практике решение многих технических и организационных вопросов проведения ремонта с заменой, подверженных максимальному износу, деталей двигателя восстановленными, играет важную роль. Практическое

использование какого-либо метода восстановления работоспособности автомобильных двигателей обусловлено значительным количеством факторов конструктивного, организационно-технического и экономического характера.

В этой связи исследования конкретных структур проведения ремонтов по восстановлению работоспособности автомобильных двигателей показали, что этот процесс является трудоемким. Следовательно, описываемую модель необходимо формализовать либо описать схематически. Схематизация процесса восстановления в виде модели восстановления значительно упрощает анализ и сравнение различных вариантов, а также позволяет делать более значимые выводы. Определение показателей для схематизации процесса определяется степенью приближения модели к реальности.

Научно-обоснованные технические и экономические задачи в моделировании рационального режима ремонта ДВС решаются путем первоначального определения объема, содержания, периодичности проведения и стоимости технических воздействий. Для снижения материальных и временных затрат и максимизации получения дохода от эксплуатации автомобилей требуется определение функции взаимосвязанных переменных, которые изменяются во времени. Применение технико-математического моделирования и информационных систем позволяет решить эти задачи [8, 41].

Совершенствование режимов ремонта ДВС карьерных автомобилей является основной технико-экономической задачей надежности и имеет экстремальный характер. Для решения этой задачи применяется распределение ограниченных ресурсов, включающие в себя математические методы поиска наилучшего результата.

Замена, подверженных максимальному износу, деталей двигателя восстановленными, при ремонте сводится к моделированию рационального режима ремонта ДВС автомобилей. Изначально определяются условия

функционирования режима, а далее устанавливаются закономерности, которые подчиняются этим условиям.

Современные автомобильные двигатели состоят из большого количества узлов и агрегатов и составляющих деталей, которые имеют частное распределение отказов деталей в зависимости от наработки (моточасов) автомобиля. Среди рассматриваемого множества деталей отбираются те, которые лимитируют ресурс до капитального ремонта, и замена которых проводится с их разборкой. Эти детали и будут учитываться для совершенствования режимов ремонта ДВС с заменой, подверженных максимальному износу, деталей двигателя восстановленными.

По мере возникновения отказов и неисправностей деталей двигателя производится их замена новыми или восстановленными при ремонте автомобиля. Для некоторых случаев работы могут проводиться и без необходимости полной разборки двигателя, например, замена фильтров, технических жидкостей, ремней, свечей зажигания и т.д. Замена этих деталей не рассматривается вопросами совершенствования режимов ремонта ДВС, т.к. эти отказы носят случайный характер и заменяются в любой промежуток времени.

По полученному распределению ресурса отдельных деталей, отобранных по указанным выше признакам, определяются их средние ресурсы.

Предполагается, что кроме названия детали должны быть известны время и затраты на их замену при ремонте двигателей. Также должны быть известны доход, полученный автомобилем за весь срок службы эксплуатации, потери на приработку деталей после очередного ремонта с заменой, подверженных максимальному износу, деталей двигателя восстановленными, стоимость деталей.

В случае если требуется замена детали, но при этом необходимо произвести разборку двигателя, то отдельная замена каждой детали по

отдельности экономически нецелесообразна. Частое проведение сборочно-разборочных работ вызывает длительные простои транспорта, что приводит к увеличению материальных и временных затрат на проведение ремонта. Поэтому является актуальным предложение регламентированных замен деталей, при которых будет заменяться несколько деталей с наименьшим ресурсом. За счет замены сборочных единиц возможно снизить временные затраты на проведение ремонта, а также потери на приработку. Но следует учитывать, что при совмещенной замене нескольких деталей появляется вероятность в недоиспользовании ресурса и, как следствие, снижение получения максимального дохода от эксплуатации автомобиля.

Можно сделать вывод, что повышение эффективности карьерных самосвалов путем совершенствования режимов ремонта ДВС достигается снижением материальных и временных затрат на проведение ремонта, на приработку и простои, а также увеличением получаемой прибыли от эксплуатации карьерной техники.

Рассматриваемая математическая модель имеет множество деталей, характеризующихся соответствующими значениями ресурсов, моточасов, определяется по формуле:

$$X^M = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_M) \in X, \quad (2.15)$$

где X^M – замена деталей; x_j – значение ресурса j –го детали.

Схема для совмещенной замены деталей двигателя в зависимости от требуемой и регламентируемой периодичности по наработке представлена на рисунке 2.5.

Ресурсы деталей разные и характеризуются различной стоимостью, расходами и временем, затрачиваемым на его замену [89]. Необходимо ввести некоторое регламентируемое множество замен, основанное на объединении замен отдельных деталей (одновременная замена), вместо требуемой периодичности по ресурсу, моточасы, выражающееся по формуле:

$$U^N = (u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_N) \in U, \quad (2.16)$$

где U^N – регламентируемая замена деталей, моточасов; u_i – регламентируемое значение ресурса деталей в i -й группе, моточасов, после объединения:

$$N \leq M;$$

$$u_i \leq x_j.$$

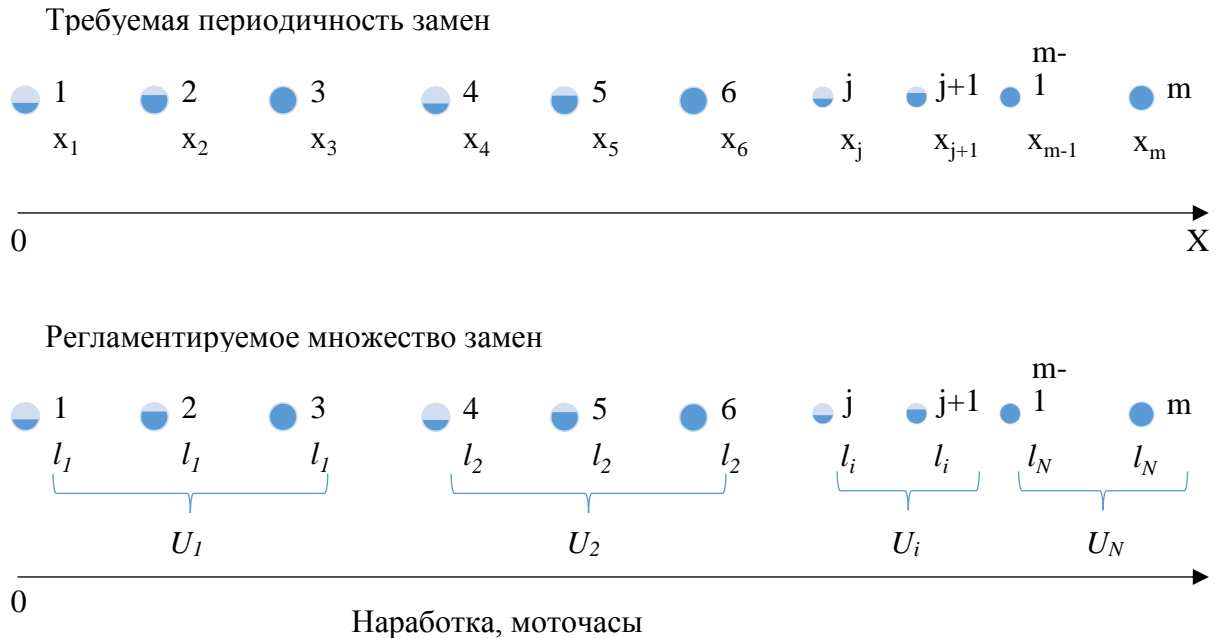


Рисунок 2.5 – Схема совмещенной замены сборочных единиц

Одновременная (совмещенная по времени) замена поврежденных и изношенных деталей приводит к появлению следующих величин:

а) время простоев τ_{l_i} , необходимое для одновременной замены групп деталей автомобильных двигателей, ч, определяется по формуле:

$$\tau_{l_i} \leq \sum_{j=1}^{l_i} \tau_j, \quad (2.17)$$

где l_i – наработка совмещенной замены деталей, моточасов и i – число совместно заменяемых деталей, шт.

Потери от простоя в ремонте выражены через понесенные потери за время простоя, с учетом выражения (2.17), величина потерь от простоя будет иметь ту же зависимость, что и время простоя, ч, представленная по формуле:

$$d_{l_i} = D\tau_j, \quad (2.18)$$

где D – доход предприятия, приносимый автомобилем, руб./ч;

τ_j – время простоев двигателя в ремонте с учетом транспортировки двигателя к типу ремонтного предприятия, на котором выполняется ремонт, ч.

б) затраты на заработную плату труда рабочих Z_{i_1} при ремонте, тыс. руб., определяются по формуле:

$$Z_{i_1} \leq \sum_{j=1}^{l_i} Z_j. \quad (2.19)$$

Затраты на заработную плату труда рабочих складываются из оплаты труда рабочих и отчислений на социальное страхование.

в) потери от недоиспользования ресурса деталей двигателя g_{i_1} , состоящие из потерь дохода предприятия и потерь стоимости деталей, тыс. руб., определяются по формуле:

$$g_{i_1} = \sum_{j=1}^{l_i} g_j(u_i, x_j) \quad (2.20)$$

$$g = \sum_{i=1}^N \left[\sum_{j=1}^{n_i-1} C_j \frac{x_j - U_i}{x_j} + \xi \right] \sum_{j=1}^{n_i-1} C_j \left(\frac{x_j - U_i}{x_j} \right).$$

где C_j – стоимость j -й детали, тыс. руб.; X_j – нормативный ресурс j -й детали, моточасов; U_i – ресурс i -й группы деталей до замены, моточасов; ξ – коэффициент, учитывающий потери дохода от недоиспользования ресурса; n – число заменяемых деталей j -й группы с недоиспользованием ресурса; N – число совмещенных групп деталей для замены.

Потери от недоиспользования ресурса деталей двигателя должны учитывать свойства:

$$g_{i_1} = g_j \cdot (u_i, x_j) = 0 \quad \text{при} \quad u_i = x_j,$$

$$g_{i_1} = g_j \cdot (u_i, x_j) > 0 \quad \text{при} \quad u_i < x_j,$$

г) потери от числа разборочно-сборочных работ G_{i_1} , тыс. руб.:

$$G_{i_1} \leq \sum_{j=1}^{l_i} G_j; \quad (2.21)$$

$$G = \frac{0,2 D}{c} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_i} \max C_j,$$

где C – стоимость двигателя, тыс. руб.;

д) потери на восстановительный ремонт с учетом износа деталей, узлов двигателя, подлежащих замене $C_{вр}$, тыс. руб. Величина $C_{вр}$ определяется

исходя из стоимости проведения работ, направленных на восстановление деталей (контрольно-диагностические работы, регулировочные работы и др.) и стоимости запасных частей, стоимости применяемых материалов и выражены формулой:

$$C_{\text{вр}} = P_p + P_{\text{зч}} + P_m, \quad (2.22)$$

где P_p – расходы на проведение ремонта, тыс. руб.; $P_{\text{зч}}$ – расходы на запасные части, тыс. руб.; P_m – расходы на материалы, тыс. руб. [19].

Расчет затрат на применяемые запасные части и материалы для восстановления двигателей проводится с учетом их характеристик и свойств, также ограничений, установленных рынком. Расходы на запасные части и материалы, тыс. руб., определяются по формуле:

$$P_{\text{зч}} = \sum_{j=1}^m k_j C_j^{\text{зч}} \left(1 - \frac{I_j}{100}\right), \quad (2.23)$$

где m – число наименований деталей, подлежащих замене; k_j – число деталей j -го наименований, подлежащих замене, шт.; $C_j^{\text{зч}}$ – стоимость детали j -го наименования, устанавливаемой взамен поврежденной, тыс. руб.; I_j – износ детали j -го наименования, подлежащей замене [19].

Величина P_m расходов на материалы, тыс. руб. определяется по формуле:

$$P_m = \sum_{i=1}^n C_i^M N_i^M K_i^P, \quad (2.24)$$

где n – число видов материалов, шт.; C_i^M – стоимость одной единицы материала i -го вида, тыс. руб.; N_i^M – удельная норма расхода материала i -го вида, определяемая средним значением по данным производителя; K_i^P – число деталей, подвергаемых восстановительному ремонту с использованием материала i -го вида, шт., определяемое в результате осмотра [19];

е) коэффициент, учитывающий тип ремонтного предприятия η_1 составляет для автотранспортного предприятия $\eta_1=1$, для предприятий технического обслуживания и ремонта $\eta_1 = 0,9$, для авторемонтного завода

$\eta_1 = 0,8$. Коэффициент η_1 определяется отношением фактически выполненного времени к нормативному времени ремонта;

ж) коэффициент, учитывающий наработку η_2 , составляет для гильзо-поршневой группы $\eta_2 = 1$, для коленчатого вала $\eta_2 = 1,37$, для шатунных вкладышей $\eta_2 = 1,27$, для ГБЦ $\eta_2=1,82$. Коэффициент η_2 , учитывающий наработку, определяется отношением ресурса детали до ее замены к наименьшему ресурсу детали либо совмещенной группы деталей.

Для принятия решения производится математическое моделирование «экстремальных задач» и описание их с помощью переменных, которые по своему количественному выражению являются наибольшим или наименьшим значением.

Для вычисления наиболее рационального режима ремонта карьерного автомобильного двигателя, учитывающего все замены (N) деталей новыми или восстановленными запасными частями до капитального ремонта, необходимо определить общие затраты, которые определяются с помощью выражения, тыс. руб.:

$$S_N = f(d_{l_i}, Z_{l_i}, g_{l_i}, G_{l_i}, C_{вр}, \eta_1, \eta_2). \quad (2.25)$$

Предложенный рациональный режим ремонта ДВС карьерных самосвалов будет эффективен в том случае, когда будут выполняться условия, что такие детали, как составляющие функции и уточняющие коэффициенты будут стремиться к минимуму.

При единовременной замене совмещенных сборочных единиц автомобиля изменяются такие показатели как: простои при ремонте, материальные затраты на ремонт, потери из-за недоиспользованного ресурса деталей, потери из-за количества разборочно-сборочных работ, потери на приработку и потери на проведение восстановления деталей с учетом износа (диагностика, контроль, регулировка и др.) [22].

В настоящее время для решения задачи выбора и обоснования объема, содержания и периодичности замен деталей двигателей, существующие

режимы ремонта требуют усовершенствования по причине наличия существенных недостатков.

Проведенный анализ исследований методов построения математических моделей режимов ремонта двигателей показал, что существующие алгоритмы усовершенствования целевых функций можно классифицировать следующим образом:

- элементарные методы. Они основаны на полном переборе вариантов. Недостатком их использования является значительная трудоемкость при увеличении количества вариантов, число которых достаточно велико. При количестве сравниваемых вариантов равных M количество сочетаний составит M^2 , откуда видно, что при небольшом количестве вариантов количество расчетов велико. Чрезвычайно трудной задачей здесь является то, что данные методы требуют априорного задания сравниваемых вариантов M , поскольку некоторые варианты невозможно предусмотреть;

- классические методы. Они требуют выполнения условий дифференцируемости и интегрируемости функций затрат и целевой функции. Зависимости могут быть разрывными, кусочно-непрерывными, дискретными и т.д., что делает классические методы неприменимыми с точки зрения решения реальных задач;

- неклассические методы. К ним относят метод динамического программирования, метод статистических испытаний, принцип максимума Л.С. Понтрягина и др. Эти методы сложны и требуют математической подготовки. Даже при достаточном обосновании поставленной задачи применение схем неклассических методов для решения реальной задачи затруднительно.

Для усовершенствования режимов ремонта, на примере неклассических методов, требуется решение задачи с помощью направленного перебора. Необходимо сформулировать задачу выбора объема, содержания и

периодичности замен деталей двигателя, как задачи эффективного управления.

Пусть $P(x_j) \in P$ – вектор фазовых координат или состояния деталей двигателя, являющийся работоспособностью или долговечностью деталей при заданной наработке, выраженные через величину ресурсов деталей двигателя; $r(U_i) \in R$ – вектор управлений, т.е. множество ремонтов в определенные моменты времени, направленные на поддержание работоспособности двигателя до заданного уровня.

Предполагается, что векторы $P(x_j)$ и $r(U_i)$ будут изменяться в ограниченной области:

$$\begin{aligned} P(x_j) &\in H_p; \\ r(U_i) &\in H_r, \end{aligned} \quad (2.26)$$

где H_p и H_r – области ограничения векторов.

Условия (2.26) называются фазовыми ограничениями на управление, под которыми понимаются следующие величины: верхние и нижние пределы вероятностей отказов или безотказной работы; ограничения наработки до ремонта, глубина воздействий и другие факторы [31].

Процесс управления определен начальными и конечными данными:

$$\begin{aligned} P^0(x_j) &\in E_0; \\ P^T(x_j) &\in E_T, \end{aligned} \quad (2.27)$$

где E_0 и E_T – начальные и конечные условия.

Для проведения своевременного списания двигателя условие (2.27) определяет необходимый уровень работоспособности деталей двигателя, выраженного через ресурсы деталей в начале и конце процесса эксплуатации. Техническое состояние деталей двигателя в начальный момент эксплуатации и в момент списания различны, то это устанавливает граничные условия для решения задачи [90, 91].

Величина затрат в зависимости от состояния двигателя и управляющих воздействий, которая соответствует рациональному режиму ремонта, тыс. руб., определяется следующим образом:

$$S[P(x_j), r(U_i)] = S \rightarrow \min; \quad (2.28)$$

$$P(x_j) \in H_p;$$

$$P(x_j) \in H_r.$$

Анализ метода совершенствования целевой функции (2.25) при ограничениях (2.26) и (2.27) позволяет сгруппировать затраты и представить в виде следующего выражения:

$$S_1 = S_1(x_j, U_i) = g(U_i, x_j); \quad (2.29)$$

$$S_2 = S_2(x_j, U_i) = \Delta d(U_i, x_j) + \Delta z(U_i, x_j) + \Delta G(U_i, x_j). \quad (2.30)$$

С учетом ограничений (2.26) и (2.27) осуществляется перенос точек на оси ОХ (рисунок 2.5), где под точками подразумевается значения ресурсов отдельных деталей двигателя. Перенос точек осуществляется из j-го состояния в состояние j – 1.

Предполагается, что перенос из точки 2 в состояние 1 соответствует возможному варианту одновременной замены деталей с ресурсами x_1 и x_2 при ресурсе $x_1 = U_i$.

Для данного варианта определяется приращение затрат, тыс. руб.:

$$Q_1^2 = S_2(U_i, x_j) - S_1(U_i, x_j), \quad (2.31)$$

где Q_1^2 - приращение затрат, тыс. руб.

Увеличение значения S_2 соответствует уменьшению затрат при введении совмещенных групповых замен, а уменьшение S_2 к их росту, тыс. руб. Таким образом, если:

$$Q_1^2 > 0, \quad (2.32)$$

то перенос точки 2 в состояние 1 и, соответственно, совмещённая замена деталей с ресурсами x_1 и x_2 , в точке x_1 целесообразна.

В случае, если:

$$Q_1^2 < 0 \quad (2.33)$$

то перенос точки 2 в состояние 1, а следовательно, и совмещенная их замена нецелесообразна. В этом случае проводится проверка целесообразности переноса точки из состояния x_3 в состояние x_2 и проверяются условия (2.32) и (2.33).

Предполагается, что при переносе точки x_2 в состояние x_1 выполняется условие (2.34). Далее необходимо проверить условие целесообразности переноса точки x_3 в состояние точки x_1 по следующему выражению:

$$Q_1^3 = S_2(U_1, x_2, x_3) - S_1(U_1, x_2, x_3), \quad (2.34)$$

где $S_2(U_1, x_2, x_3) = \Delta d(U_1, x_j) + \Delta Z(U_1, x_j) + \Delta G(U_1, x_j)$, $j = \overline{1, 3}$.

Пусть $Q_1^3 > 0$, тогда точки 2 и 3 переносятся в состояние x_1 , а затем необходимо осуществить проверку целесообразности переноса точки 4 из состояния x_4 в состояние x_1 и т.д.

Общее рекуррентное соотношение, по которому осуществляется просчет целесообразности одновременной замены в точке 1, определяется следующим образом:

$$Q_1^{l_i} = S_2(U_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_{l_i}) - S_1(U_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_{l_i}), \quad (2.35)$$

где $S_2(U_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_{l_i}) = \Delta d(U_1, x_j) + \Delta Z(U_1, x_j) + \Delta G(U_1, x_j)$, $j = \overline{1, l_i}$,

$S_1(U_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_{l_i}) = g(U_1, x_j)$, $j = \overline{1, l_i}$.

Если $Q_1^4 < 0$, тогда точка 4 не изменяется, а возможность целесообразного группирования деталей с ресурсами больше, чем x_4 проверяется относительно детали с ресурсом x_4 , т.е. необходимо осуществить проверку целесообразности переноса точки x_5 в состояние x_4 . Деталь с ресурсом x_4 является базой для формирования второй группы деталей l_2 для совместной замены с ресурсом $U_2 = x_4$.

В этом случае U_2 является условием наличия второй точки совмещенных замен:

$$Q_1^{*l_i} = \max Q_1^{l_i}; \quad (2.36)$$

$$U_1 \in U;$$

$$x_j \in x.$$

Получив группы деталей l_2 с ресурсом U_2 для совмещенной замены, необходимо провести поиск группы l_3 с ресурсом U_3 по этапам аналогичным выше [93, 95].

Пусть l_i - количество точек, перемещенных в состояние i . Тогда рекуррентная формула для отыскания группы l_i с ресурсом U_i выглядит следующим образом:

$$Q_1^{l_i} = S_2(U_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_{l_i}) - S_1(U_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_{l_i}), \quad (2.37)$$

где $S_2(U_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_{l_i}) = \Delta d(U_i, x_j) + \Delta 3(U_i, x_j) + \Delta G(U_i, x_j)$, $j = \overline{1, l_i}$, $S_1(U_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_{l_i}) = g(U_i, x_j)$, $j = \overline{1, l_i}$.

Если при перемещении точек везде будет выполняться условие (2.32), то $Q_1^{*l_i}$ определяется из соотношения:

$$Q_1^{*l_i} = \max Q_1^{l_i}; \quad (2.38)$$

$$U_1 \in U;$$

$$x_j \in x, N > 0.$$

Этапы выполняются до тех пор, пока не будут перебраны все точки на оси $(0, X)$ за период до капитального ремонта. По результатам этих воздействий устанавливается объем, содержание и периодичность проведения ремонтов по восстановлению работоспособного состояния деталей двигателя за межремонтный период, ограниченный ресурсом базовой детали [93, 95].

Условием совершенствования режимов ремонта ДВС с заменой поврежденных и изношенных деталей за период до капитального ремонта является следующее выражение:

$$Q_N^* = \max Q_N; \quad (2.39)$$

$$U_1 \in U;$$

$$x_j \in x, N > 0,$$

где $Q_N = S_2(U_N, x_M) - S_1(U_N, x_M)$; $S_2(U_N, x_M) = \Delta d(U_1, x_j) + \Delta 3(U_1, x_j) + \Delta G(U_1, x_j)$; $S_1(U_N, x_M) = g(U_i, x_j)$, $j = \overline{1, l_i}$ и $i = \overline{1, N}$.

Представленная математическая модель применима в работе для формирования объема, содержания и периодичности проведения ремонта по восстановлению работоспособности автомобильных двигателей MTU DD16V4000 БЕЛАЗ-75309. Данная математическая модель может быть рекомендована для использования при формировании ремонтов других механических систем длительного пользования [46].

Для повышения эффективности карьерных самосвалов путем совершенствования режимов ремонта ДВС требуется определение структуры проведения ремонта, которая отображает периодичность проведения и величину общих затрат на ремонт автомобильных двигателей [56, 89].

2.4 Структура рационального режима ремонта двигателя карьерных самосвалов

Для карьерных автомобильных двигателей выбор структуры проведения ремонта заключается в установлении эффективной периодичности замены поврежденных и изношенных деталей, а также в определении затрат на ремонт [46].

Замена поврежденных и изношенных деталей проводится на авторемонтных заводах, на предприятиях технического обслуживания и ремонта, в мастерских автотранспортных предприятий. Техноэксплуатационные показатели и качество восстановления деталей двигателя в зависимости от выбранного типа ремонтного предприятия будут различными [46].

На авторемонтных заводах для ремонта двигателя целесообразно проводить разборочно-сборочные работы, включающие проведение в том числе уборочно-моечных работ. Замена поврежденных и изношенных деталей, наоборот, повышает затраты на проведение ремонта двигателей, а именно на транспортировку. Но наблюдается снижение затрат на проведение планового

ремонта за счет уменьшения числа случайных отказов. Преимуществом применения замены поврежденных и изношенных деталей восстановленными на авторемонтных заводах является повышение качества восстановления работоспособного состояния деталей двигателя [67].

Затраты по замене поврежденных и изношенных деталей на предприятиях технического обслуживания и ремонта, где полная разборка двигателя в большинстве случаев не производится ниже, чем при ремонте на авторемонтном заводе. Затраты на плановый ремонт при последующей эксплуатации двигателя выше.

Проведение ремонта двигателей с заменой, подверженных максимальному износу, деталей двигателя восстановленными, в мастерских автотранспортных предприятий сопровождается меньшими затратами, чем при заменах на авторемонтном заводе, но большими в сравнении с затратами на предприятиях технического обслуживания и ремонта [46]. При проведении ремонта на авторемонтном заводе увеличивается объем работ, т.к. проводится более глубокая и тщательная разборка, уборочно-мочные работы, контрольно-диагностические работы, работы по выполнению контроля качества и т.д.

Меньшей трудоемкостью работ характеризуются предприятия технического обслуживания и ремонта в сравнении с мастерскими автотранспортных предприятий, т.к. обладают лучшей оснащенностью и производственной мощностью [47].

Проведение планового ремонта двигателя после восстановления в мастерских автотранспортных предприятий сопровождается повышенными затратами по сравнению с затратами на ремонт двигателя после восстановления в авторемонтных заводах или предприятиях технического обслуживания и ремонта. Причиной является неудовлетворительное качество проведения технического обслуживания или ремонта.

Повышение затрат замены поврежденных и изношенных деталей способствуют уменьшению затрат на плановый ремонт, зависящих от глубины восстановления. Уменьшение затрат замены поврежденных и изношенных деталей повышает затраты на плановый ремонт. Изменение величины затрат в зависимости от типа ремонтного предприятия представлено на рисунке 2.6 [75]. Характер изменения величины затрат позволяет повысить эффективность карьерных самосвалов и усовершенствовать режимы ремонта ДВС. Сравнение вариантов рассматриваемых стратегий ремонта можно осуществлять по следующим характеристикам: время простоев по причине проведения ремонта, общая величина затрат на ремонт, качество проведенных работ и т.д. Выбор критерия должен исходить из поставленной цели, которая может быть достигнута в результате применения той или иной стратегии [32, 83].

При сравнительном анализе, рассматриваемые затраты являются оценочным вариантом. Эффективность рационального режима ремонта двигателя опирается на данные издержек существующего материально-технического обеспечения конкретного типа ремонтного предприятия. Сравнение стратегий ремонта должно осуществляться по показателям текущих затрат на восстановление ресурса, включающих в себя затраты на замену поврежденных деталей и затраты на дальнейшие ремонты. Результат сравнительного анализа позволяет оценить эффективность выбранной стратегии рационального режима ремонта двигателей. Показатель текущих затрат на восстановление и поддержание работоспособного состояния двигателя учитывает не только затраты на проведенные технические воздействия, но и затраты на последующий ремонт [32].

Для определения рационального режима ремонта двигателей карьерных самосвалов учитываются типы ремонтных предприятий, к которым относятся авторемонтный завод, предприятия технического обслуживания и ремонта, автотранспортные предприятия.

Изменение величины затрат в зависимости от типа ремонтного предприятия представлено на графике 2.6.

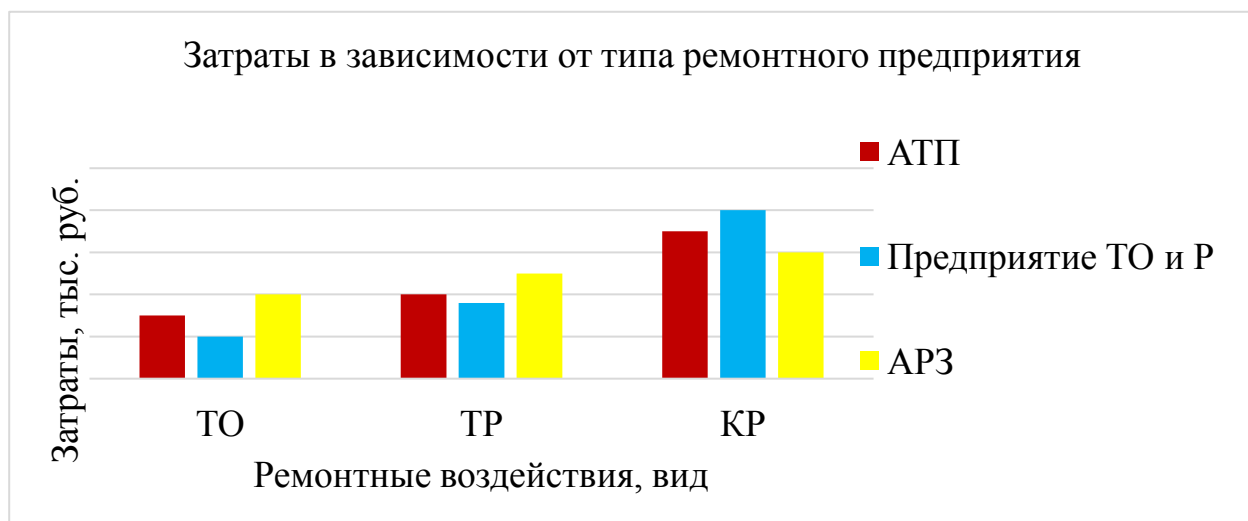


Рисунок 2.6 - Изменение затрат видов ремонтных воздействий в зависимости от типа предприятия

Откуда можно сделать вывод, что эффективность рационального режима ремонта двигателей карьерных самосвалов опирается на данные издержек существующего материально-технического обеспечения конкретного типа ремонтного предприятия.

Эффективность восстановления работоспособности двигателей на авторемонтном заводе выше, чем на АТП или предприятии ТО и Р.

Затраты, при замене изношенных деталей на предприятии ТО и Р, где полная разборка двигателя в большинстве случаев не предполагается, меньше, чем при ремонте на авторемонтном заводе.

При проведении ремонта двигателей с заменой поврежденных и изношенных деталей в АТП характерна меньшая величина затрат, чем при заменах на авторемонтном заводе, но большая, чем на предприятии ТО и Р, т.к. объем работ на проведение ремонта на авторемонтном заводе больше, поскольку это связано с более глубокой разборкой, мойкой, очисткой и контролем выполнения работ.

При восстановлении двигателя в АТП затраты на ремонт будут превосходить текущие затраты после его восстановления на авторемонтном заводе или предприятии ТО и Р по причине низкого качества выполняемых ремонтных воздействий.

Пусть $U^N = (U_1, U_1, \dots, U_i, \dots, U_N) \in U$ – множество ресурсов деталей двигателя. Ресурсы отдельных деталей не совпадают, т. е. $U_i \neq U_{i+1}$. Замену поврежденных и изношенных деталей можно проводить на k -ремонтных предприятиях ($k = \overline{1, k}$).

В зависимости от детали i и типа ремонтного предприятия η_1 , в котором проводилась замена поврежденных и изношенных деталей, известны затраты на восстановление или замену выявленных в процессе ремонта изношенных деталей, узлов и агрегатов (S_{1ik}) и затраты на плановый ремонт (S_{2ik}).

В зависимости от типа ремонтного предприятия критерий рациональности режима ремонта двигателей карьерных автомобилей, а именно общие затраты на восстановление или замену выявленных в процессе ремонта изношенных деталей, узлов и агрегатов определяются выражением:

$$S_{N,K} = \min \sum_{i=1}^N (S_{1ik} + S_{2ik}), \quad (2.40)$$

где S_{1ik} - затраты на техническое обслуживание с заменой деталей, тыс. руб.;

S_{2ik} - затраты на плановые ремонты, тыс. руб. [93, 95].

Исходя из которого видно, что критерий рациональности определяется суммой затрат на техническое обслуживание с заменой деталей, если это необходимо, и ремонт.

По выражению (2.40) описывается структура целевой функции рационального режима ремонта двигателей карьерных автомобилей. Для того чтобы определить целевую функцию $S_{N,K}$ необходимо проанализировать переменные S_{1ik} и S_{2ik} , являющиеся ее составной частью.

2.5 Выводы по главе

1. Установлено, что для обеспечения надежности узлов и деталей двигателя карьерных автомобилей необходимо создавать резерв запасных частей из отдельных деталей двигателя, а также иметь в наличии резервный двигатель, что приведет к снижению материальных затрат на запасные части.

2. Проведен анализ исследований методов построения математических моделей режимов ремонта двигателей карьерных самосвалов. Установлено, что рассмотренные режимы сложны для практического применения и содержат очень малый процент оптимизации.

3. Выявлено, что эффективность рационального режима ремонта ДВС карьерных самосвалов с наличием резервируемого двигателя из оборотного фонда достигается при учете таких показателей, как время простоев, затраты на заработную плату труда рабочих, потери от недоиспользования ресурса деталей двигателя, в том числе потери от приработки и числа разборочно-сборочных работ, потери на восстановительный ремонт с учетом износа деталей двигателя, подлежащих замене.

4. Разработана математическая модель рационального режима ремонта ДВС с наличием резервируемого двигателя из оборотного фонда, применимая для формирования объема, содержания и периодичности ремонта автомобильных двигателей.

5. Установлены устойчивые зависимости изменения функции рационального режима ремонта двигателя карьерных автомобилей при проведении ремонта с помощью замены изношенных деталей двигателя восстановленными деталями.

ГЛАВА 3. ОЦЕНКА МЕРОПРИЯТИЙ, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВИГАТЕЛЕЙ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ

3.1 Математическая модель функции эффективности технического обслуживания с заменой изношенных деталей восстановленными

В настоящее время работы по ТО и Р осуществляются по установленной системе в автотранспортных предприятиях, предприятиях ТО и Р и авторемонтных заводах. Возникает необходимость совершенствования режимов ремонта ДВС на предприятиях технического обслуживания и ремонта, на площадях авторемонтных заводов с созданием мастерских, ремонтных помещений, складов и т.п. Неиспользуемое оборудование заменяется новым, необходимым для выполнения работ по замене поврежденных и изношенных деталей или убирается вовсе.

Далее было выполнено моделирование функции затрат на проведение ТО в зависимости от типа ремонтного предприятия. Затраты на ТО включают в себя: оплату труда рабочих; накладные расходы; стоимость запасных частей и комплектующих, расходных материалов; величину потерь от простоев; затраты на транспортировку. В данной функции затраты на амортизацию и эксплуатацию здания и оборудования не учитываются, потому как изменение этой величины незначительно.

Определение затрат на замену поврежденных и изношенных деталей двигателя сводится к получению величины оплаты труда рабочих, осуществляющих замену в зависимости от трудоемкости работ и тарифной ставки оплаты работ, тыс. руб., выражается формулой:

$$C_{ik}^0 = \alpha_{1k} \cdot t_{ik} \cdot d, \quad (3.1)$$

где α_1 - коэффициент, учитывающий изменение трудоемкости в зависимости от типа ремонтного предприятия; t_{ik} - трудоемкость замены деталей, чел ч; d -

часовая тарифная ставка рабочего, выполняющего замену поврежденных деталей [86].

Начисления на социальное страхование определяются в процентах от суммы основной заработной платы рабочего, тыс. руб., по формуле:

$$C_{ik}^c = \frac{\alpha_2}{100} C_{ik}^0, \quad (3.2)$$

где α_2 - процент начислений на социальное страхование от основной заработной платы, %.

Полные затраты на оплату труда рабочих, тыс. руб., определяются следующим образом:

$$C_{1ik} = C_{ik}^0 + C_{ik}^c. \quad (3.3)$$

Накладные расходы, руб. определяются по формуле:

$$C_{2ik} = \frac{\alpha_3}{100} C_{ik}^0, \quad (3.4)$$

где α_3 - процент накладных расходов от основной заработной платы рабочих, %.

Затраты на запасные части, тыс. руб., определяются их стоимостью по действующему прейскуранту, представлены следующей формулой:

$$C_{3ik} = P_{зч} \cdot n, \quad (3.5)$$

где $P_{зч}$ - стоимость комплекта запасных частей, руб.; n - количество комплектов запасных частей, необходимых для восстановления работоспособности двигателя, к-т.

Величина, выражающая полную потерю прибыли, которая связана с простоями в техническом обслуживании, суммируется к расходам. Эта составляющая в зависимости от типа ремонтного предприятия имеет различную величину. Максимальные потери образуются при техническом обслуживании двигателя на авторемонтных заводах, а минимальные на предприятиях технического обслуживания и ремонта, т.к. простои в техническом обслуживании на авторемонтных заводах более длительные, чем на предприятиях технического обслуживания и ремонта.

Потери от продолжительности простоев, тыс. руб., определяются по формуле:

$$C_{4ik} = \alpha_4 \cdot \tau_{ik}, \quad (3.6)$$

где τ_{ik} - время продолжительности простоя в технических обслуживаниях с учетом времени транспортировки на ремонтное предприятие, ч; α_4 – прибыль, приносимая автомобилем в единицу времени, тыс. руб./ч.

Расходы на транспортировку двигателя на авторемонтное предприятие являются одними из основных затрат на техническое обслуживание. При проведении ТО в авторемонтном предприятии данные расходы не учитываются [65].

Величина затрат на транспортировку двигателя при проведении технического обслуживания на авторемонтном заводе или предприятии технического обслуживания и ремонта, тыс. руб., определяется из соотношения:

$$C_{5ik} = \alpha_5 \cdot l_{п}, \quad (3.7)$$

где $l_{п}$ – расстояние перевозки, км; α_5 – тариф на перевозку, тыс. руб./км. [93, 95].

Структура функции эффективности на проведение технического обслуживания с заменой изношенных деталей двигателя восстановленными тыс. руб., будет следующей [75, 95]:

$$S_{1ik} = C_{1ik} + C_{2ik} + C_{3ik} + C_{4ik} + C_{5ik}. \quad (3.8)$$

Характер изменения составляющих функции эффективности технического обслуживания с заменой изношенных деталей двигателя восстановленными в зависимости от типа ремонтного предприятия, в котором выполняется техническое обслуживание представлен на рисунке 3.1. По данным рисунка видно, что затраты на ТО отличаются в зависимости от типа ремонтного предприятия. Наибольшие общие затраты наблюдаются на авторемонтном заводе. Общие затраты на АТП и предприятиях ТО и Р отличаются незначительно.

Общие затраты на проведение ТО заменой, подверженных максимальному износу, деталей двигателя восстановленными, тыс. руб., в зависимости от типа ремонтного предприятия определяются суммой затрат всех составляющих функции по формуле:

$$S_{1ik} = \sum_{j=1}^5 C_{jik}. \quad (3.9)$$

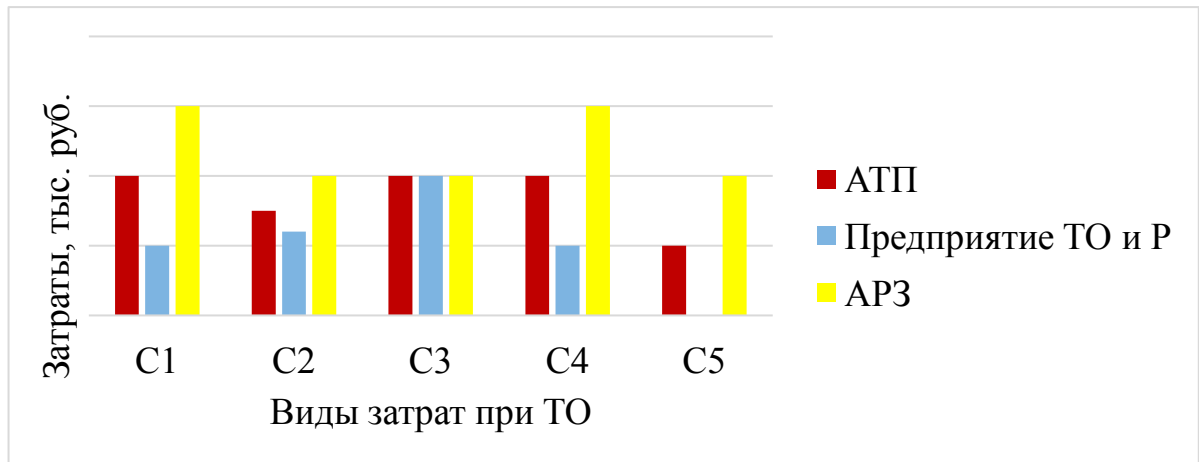


Рисунок 3.1 - Изменение затрат на ТО в зависимости от типа ремонтного предприятия

Для полного математического описания структуры целевой функции рационального режима ремонта ДВС карьерных самосвалов необходимо дополнительно рассмотреть затраты на плановый ремонт [55, 56].

3.2 Математическая модель функции эффективности ремонта деталей двигателя

Одним из основных факторов, влияющих на функцию эффективности ремонта деталей двигателя, является тип ремонтного предприятия. Затраты на плановый ремонт после проведения технического обслуживания на авторемонтном заводе будут минимальными, т.к. качество выполняемых работ на авторемонтном заводе выше, чем на предприятии технического обслуживания и ремонта или на автотранспортном предприятии [57, 65].

Поэтому необходимо в модель целевой функции ввести коэффициент η_1 , который будет учитывать тип ремонтного предприятия.

На рисунке 3.2 представлен характер изменения коэффициента η_1 , зависящий от типа ремонтного предприятия. Установлено, что на предприятии ТО и Р коэффициент равен $\eta_1=1$, на АТП $\eta_1=0,9$, а на авторемонтном заводе $\eta_1=0,8$.

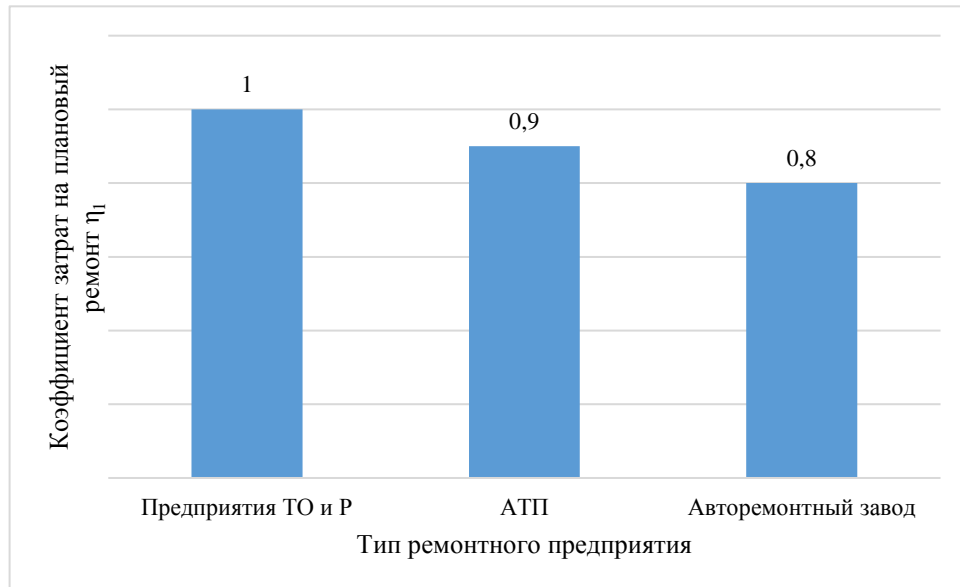


Рисунок 3.2 - Изменение коэффициента η_1 в зависимости от типа ремонтного предприятия

Еще одним фактором, влияющим на величину затрат при плановом ремонте, является величина наработки после начала эксплуатации двигателя. Затраты на плановый ремонт увеличиваются по мере увеличения наработки двигателя. Этот фактор в функции затрат учитывается коэффициентом η_2 , характер изменения которого (в зависимости от наработки), приведен на рисунке 3.3. Для ГБЦ равен $\eta_2=1,82$; для коленчатого вала $\eta_2=1,37$; для шатунных вкладышей $\eta_2=1,27$, для гильзо-поршневой группы $\eta_2=1$.

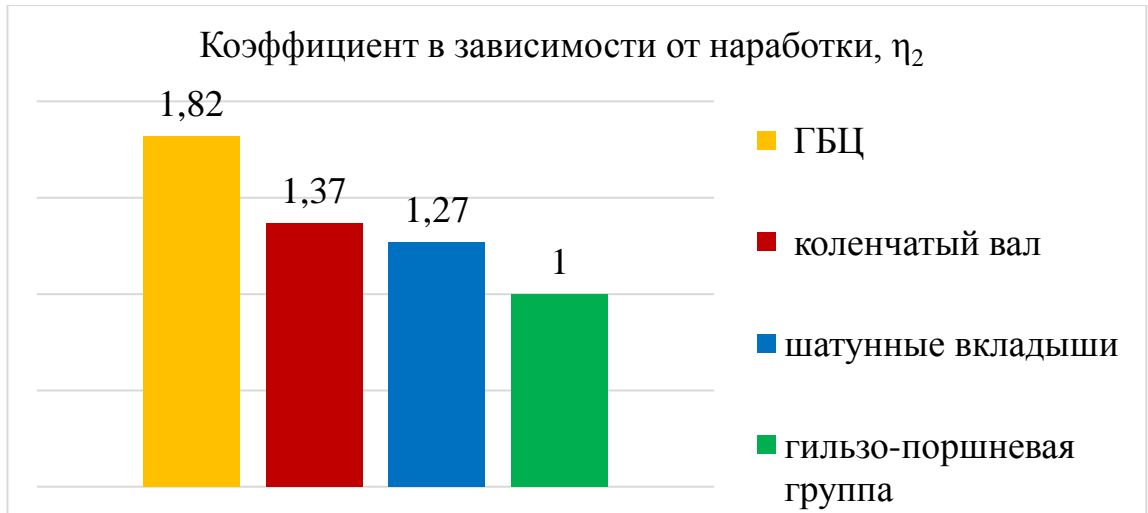


Рисунок 3.3 - Изменение коэффициента в зависимости от наработки

Функция затрат на плановый ремонт, тыс. руб., с учетом перечисленных факторов, выразится следующим образом:

$$S_{2ik} = \frac{U_{MP}}{1000} h^{\alpha_1} \cdot \eta_1^{\alpha_2} \cdot \eta_2^{\alpha_3}, \quad (3.10)$$

где U_{MP} – наработка двигателя после замены детали (узла) до очередной замены, моточасы; h – норма затрат на ремонт на 1000 км пробега, тыс. руб.; η_1 – коэффициент, учитывающий тип ремонтного предприятия; η_2 – коэффициент, учитывающий наработку; α_1 , α_2 и α_3 – статистические коэффициенты, которые в расчетах приняты равными единице, ввиду достаточности линейного приближения [93, 95].

При $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 1$, функция (3.10), руб., примет следующий вид:

$$S_{2ik} = \frac{U_{MP}}{1000} \cdot h \cdot \eta_1 \cdot \eta_2. \quad (3.11)$$

С учетом полученных выражений (3.8) и (3.11) целевая функция (2.40) общих затрат будет иметь следующий вид [93, 95]:

$$S_{NK} = \min_k \sum_{i=1}^N (\sum_{j=1}^5 C_{jik} + \frac{U_{MP}}{1000} \cdot h \cdot \eta_1 \cdot \eta_2). \quad (3.12)$$

С учетом формулы выше достигается критерий рациональности режима ремонта двигателей, а именно определяются общие затраты на проведение технических воздействий. Для максимального снижения общих затрат

необходимо определить целесообразность замен разных групп деталей двигателя.

3.3 Моделирование эффективности совмещенной замены разных групп деталей двигателя

Совершенствование режимов ремонта двигателей является актуальным, т.к. в настоящее время эффективность организации ремонта двигателей карьерных автомобилей не достигнута и не до конца изучена со стороны технико-экономической целесообразности. Требуется проводить изучения не только о техническом состоянии двигателя, о видах отказов и их последствиях, но и изучать вопрос с экономической точки зрения, исследовав количество затрат на ремонт и способы достижения их максимального снижения [57, 57].

В методике проф. И.А. Луйка отмечена необходимость в разработке научно-обоснованной стратегии по снижению затрат на проведение ремонта автомобилей [37].

Экономическая оценка ремонта базируется на таких показателях как стоимость, продолжительность простоя и качество выполнения ремонта [37, 38].

Объем, содержание и периодичность каждого ремонта по восстановлению работоспособности двигателя находятся в тесной взаимосвязи между друг другом и должны устанавливаться по результатам совершенствования режимов ремонта ДВС [65, 89]. Критериями эффективности рационального режима ремонта ДВС карьерных самосвалов могут быть такие показатели ремонтпригодности как трудоемкость, затраты, продолжительность простоев и др. [13, 37]

На современном этапе является важным совершенствование режимов ремонта двигателей карьерных автомобилей с минимальными затратами. В своих работах авторы Б.В. Гнеденко, Г.Н. Дмитрюк, Н.Н. Смирнов и др. отобразили значимость разработки методов по снижению затрат на

проведение ремонта автомобилей [16]. В работе Н.Я. Говорущенко отображена важность правильной технической эксплуатации автомобилей на государственном уровне.

С учетом анализа исследований ученых в области повышения эффективности эксплуатации автомобилей можно сделать вывод, что является необходимой разработка и применение усовершенствованных методов организации ремонта, корректирование объема, содержания и периодичности проведения ремонта, обеспечение работоспособности и долговечности деталей двигателя на всем периоде эксплуатации, минимизация затрат на проведение ремонта, снижение трудозатрат и потерь из-за простоя техники [51]. Совершенствование режимов ремонта ДВС должно основываться на применении вероятностных подходов, теории обеспечения надежности, теории прогнозирования ресурса, теории восстановления машин, теории диагностирования, планирования количества и видов комплектующих и др. [75]

Для обеспечения работоспособности и долговечности деталей двигателей, расчета показателей безотказности и ремонтпригодности, использования ресурса деталей и узлов в эксплуатации необходимо применение рационального режима ремонта для восстановления работоспособности автомобильных двигателей [13]. Выбор режима восстановления работоспособности определяется значительным количеством факторов конструктивного, организационно-технического и экономического характера [75].

Процесс восстановления работоспособности двигателей можно представить в виде модели, которая позволит значительно упростить не только анализ и сравнение различных вариантов, но и сделать определенные выводы.

Повышение эффективности карьерных самосвалов путем совершенствования режимов ремонта ДВС сводится к установлению эффективной периодичности проведения ремонта и замены деталей,

исчерпавших ресурс новыми или восстановленными, а также к определению перечня содержания работ, проводивших на разных промежутках времени в период эксплуатации автомобиля [64]. Такие ограничения позволят обосновать целесообразность применения совершенствования режимов ремонта ДВС введением промежуточного ремонта до момента проведения капитального ремонта с установленным объемом, содержанием и периодичностью проведения технических воздействий при минимальных затратах.

Контроль и выявление вероятности ресурса деталей двигателя является сложным и трудоёмким процессом, поэтому требуется моделирование с применением определенных расчетов, позволяющих определять эффективную периодичность проведения ремонта. Для таких расчетов необходимы значения показателей затрат времени на замену, стоимости запасных частей и самих работ, стоимости получаемого от автомобиля дохода, данные о ресурсе деталей и др.

Для повышения эффективности карьерных самосвалов путем совершенствования режимов ремонта необходимо сгруппировать детали двигателя для проведения совмещенной замены. Далее провести анализ целесообразности объединения групп деталей для ремонта двигателя [64].

Повторная замена деталей двигателя проводится в зависимости от их вторичного ресурса. Величину вторичного ресурса можно получить опытными путем. Но следует учитывать, что при повторной замене восстановление полностью ресурса невозможно [75].

В результате проведенных расчетно-экспериментальных исследований были получены значения ресурсов основных деталей двигателя, представленных в таблице 3.1. На рисунке 3.4 показано изменение ресурса двигателя от капиталовложений, откуда видно, что ресурс, заложенный заводом-изготовителем, рассматриваемого двигателя будет выработан при наработке 30 000 тыс. моточасов.

Таблица 3.1 – Нарботка деталей двигателя

Наименование детали	Нарботка, моточасы
Гильзы цилиндров	22,5
Поршни в сборе	22,7
Коленчатый вал	30,7
Коренные вкладыши	30,7
Шатунные вкладыши	28,5
ГБЦ	41,0
Клапаны	41,7
Шатун	42,2
Распределительный вал	43,2
Блок цилиндров	42,7

Поэтому для предотвращения отказов, снижения простоев двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 предлагается выполнять ремонты согласно предлагаемой периодичности проведения ремонта до момента списания двигателя, представленной на рисунке 3.5.

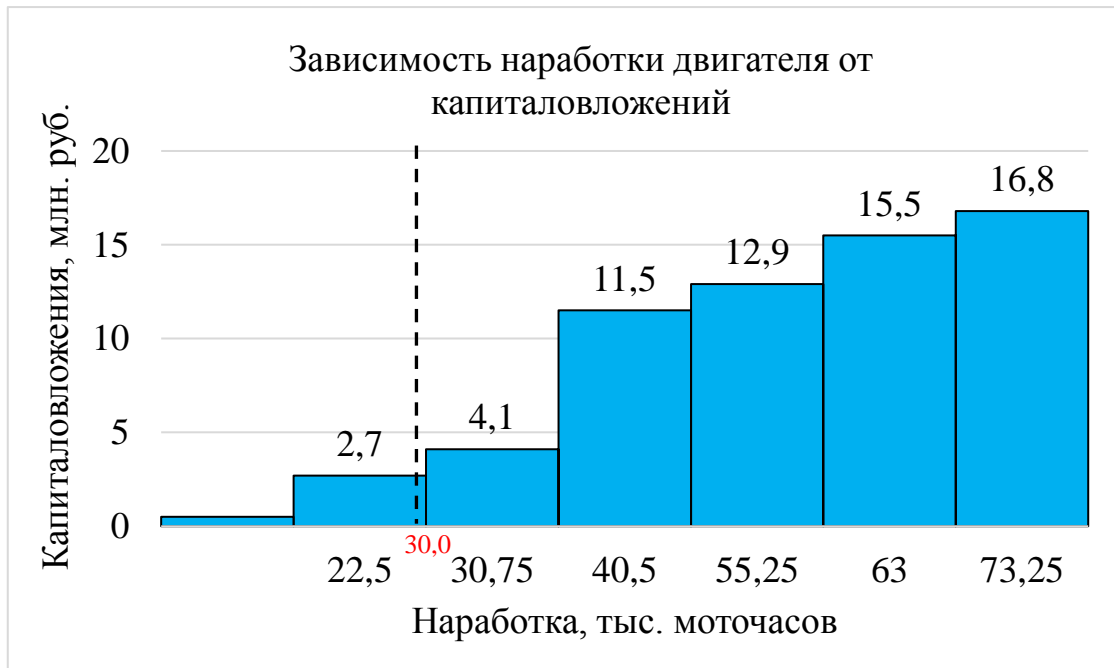


Рисунок 3.4 - Зависимость ресурса двигателя от капиталовложений MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309

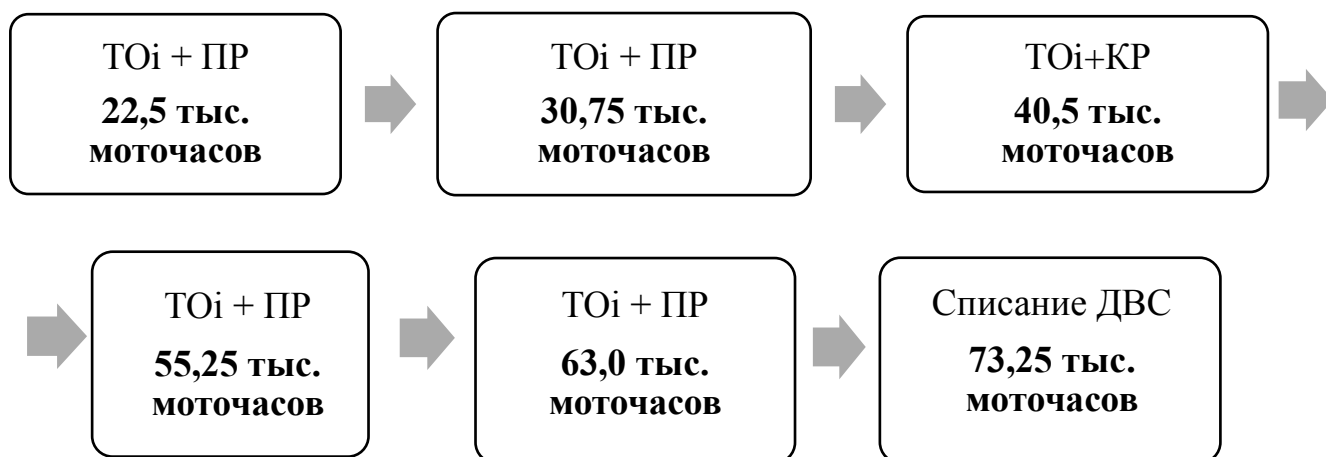


Рисунок 3.5 – Периодичность проведения ремонтов двигателей
MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309

Согласно представленной периодичности проведения ремонтов, техническое обслуживание проводится по регламенту с установленным объемом и содержанием работ. При наработке начиная с 22,5 тыс. моточасов ТО проводится совмещенно с ПР, где заменяются детали, подверженные максимальному износу, восстановленными. В зависимости от вида отказа двигателя выбирается тип ремонтного предприятия для проведения ремонта с целью уменьшения затрат на ТО и ПР.

Применение математического моделирования позволяет определять целесообразность и эффективность совмещенной замены разных групп деталей двигателя, тыс. руб. На основании (2.37) можно записать:

$$Q_i^{li} = S_2 - S_1, \quad (3.13)$$

$$\text{где } S_1 = \sum_{j=1}^{li} \left[\frac{D}{L} \cdot (x_j - u_i) \cdot \frac{C_j}{C} + \frac{C_j}{x_j} \cdot (x_j - u_i) \right];$$

$$S_2 = a_1 \cdot (\sum_{j=1}^{li} \tau_j + \sum_{j=1}^{li} t_{\text{пр}}) + a_2 \cdot \sum_{j=1}^{li} t_j + 0,2 \cdot \tau_j \cdot D \cdot \frac{C_{j \max}}{C}.$$

где D – доход предприятия, приносимый автомобилем, тыс. руб./ч.; L – наработка детали, тыс. моточасов; x_j – нормативный ресурс j -й детали, моточасов; u_i – ресурс i -й группы деталей до замены, моточасов; C_j –

стоимость j -й детали, тыс. руб.; C – стоимость двигателя, тыс. моточасов; a_1 – величина потерь прибыли в единицу времени, тыс. руб./ч.; τ_j – время простоев двигателя в ремонте, с учетом транспортировки двигателя к типу ремонтного предприятия, на котором выполняется ремонт, ч; a_2 – тарифная ставка рабочего с учетом разряда работ и начислений, тыс. руб./ч; $t_{пр}$ – суммарное время продолжительности простоя по техническим причинам, ч; t_j – трудоемкость замены деталей, ч. [75, 90, 91, 95].

На основании применения математического моделирования функции затрат на проведение ТО с заменой поврежденных и изношенных деталей двигателя, а также функции затрат на проведение ремонта был проведен анализ целесообразности совмещенной замены деталей двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309, а также получена структура групповой замены деталей двигателя, которая представлена на рисунке 3.6.

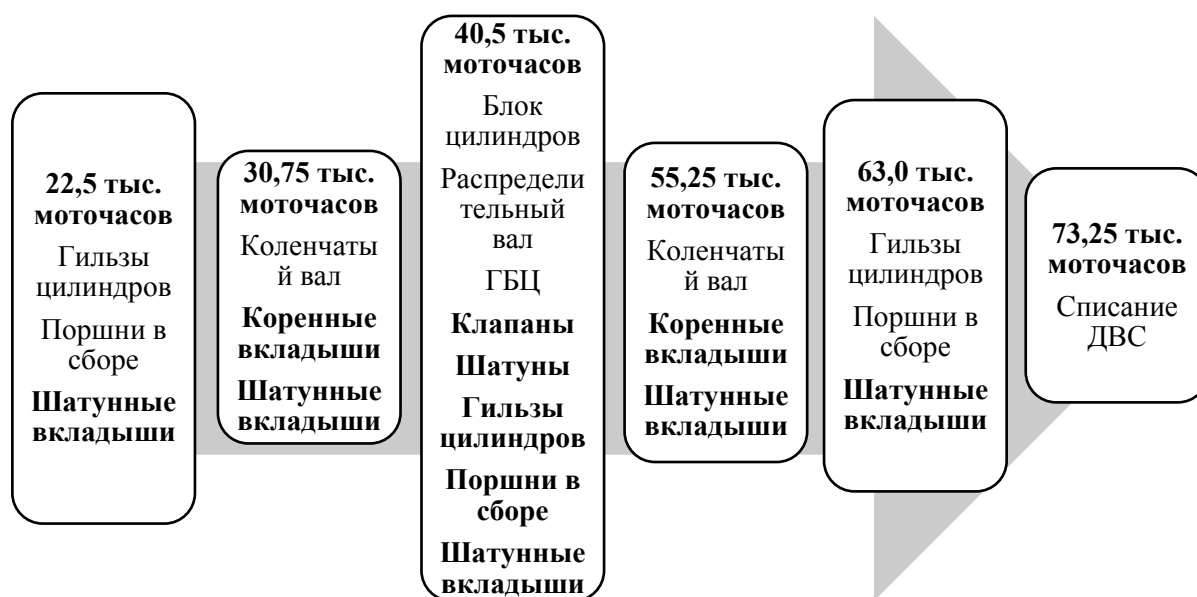


Рисунок 3.6 – Структура групповой замены деталей двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309

На рисунке 3.7 представлена рациональная структура и периодичность ремонта двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309, согласно которой описывается последовательность проведения ремонтных воздействий, позволяющих увеличить ресурс двигателя.

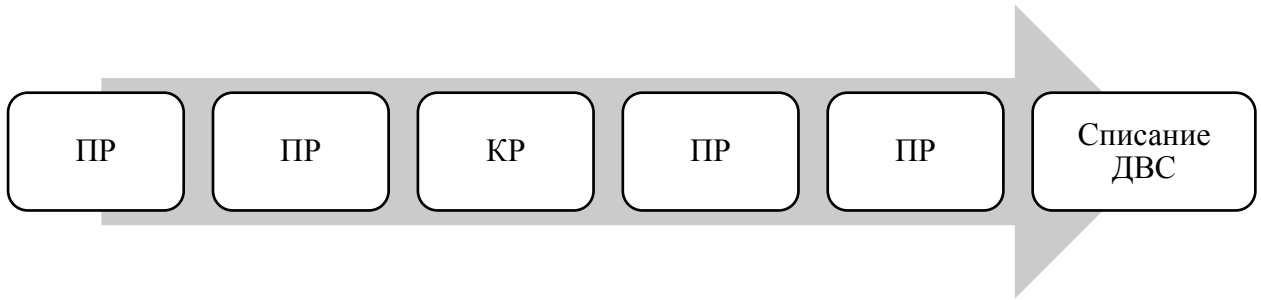


Рисунок 3.7 – Рациональная структура и периодичность ремонта двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309

С учетом моделирования функции определения эффективности совмещенной замены деталей двигателя необходимо определить целесообразность замены выбранных групп деталей при разном ресурсе.

3.4 Математическая модель эффективности совмещенной замены групп деталей двигателя

Для расчета целесообразности совмещенной замены деталей двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 применяются значения, полученные в ходе исследований, указанные в таблице 3.2 и сведений о распределении отказов двигателя MTU DD16V4000 БЕЛАЗа-75309, представленных на рисунке 3.7 [75, 87, 88]. Расчет проводится по формуле (3.13). По рисунку 3.8 видно, что наибольший износ имеют вкладыши подшипников коленчатого вала и коленчатый вал двигателя [62, 63, 75, 95].

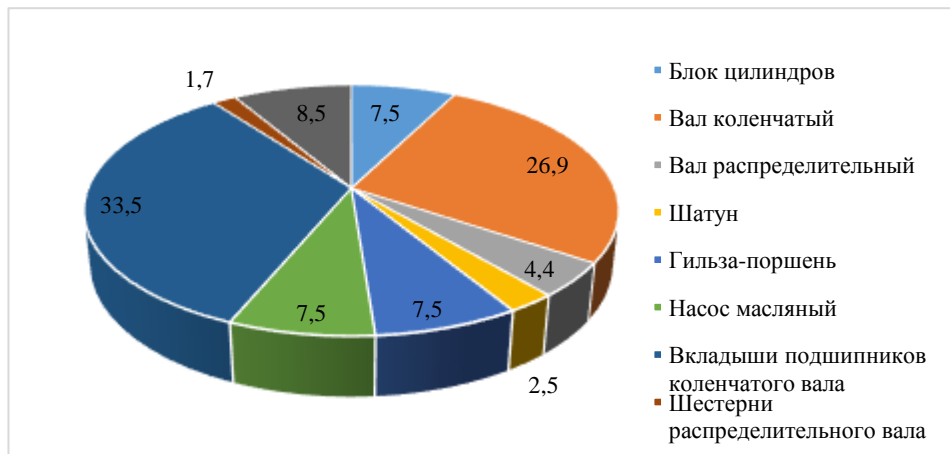


Рисунок 3.8 – Распределение неисправностей двигателя, %

Детали двигателя разделены на несколько групп: гильзо-поршневая, коленчатый вал, ГБЦ, распределительный вал и шатун с поршневым пальцем [62, 63, 72, 87, 88, 95].

Доход, приносимый автомобилем за срок его службы, определяется исходя из годовой производительности W , сложившейся доходной ставки d для данной модели автомобиля и срока службы автомобиля T .

Годовая производительность автомобиля - $W = 5445$ тыс. т·км. Доходная ставка d , руб./т·км. Срок службы $T = 10$ лет. Годовая производительность принята из условия годовой наработки БЕЛАЗ-75309 и равна 7,32 тыс. моточасов [87].

Таблица 3.2 - Данные для расчета целесообразности совмещенной замены деталей двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309

Наименование детали	Наработка, тыс. моточасов	Стоимость, тыс. руб.	Трудоёмкость, чел.ч		Общая наработка, тыс. моточасов	Стоимость автомобиля, тыс. руб.	Доход, приносимый автомобилем, тыс. руб.
			Замена детали	Совмещенная замена детали			
1	2	3	4	5	6	7	8
Гильзы цилиндров	22,5	1091,3 2	36,23	41,4	77	68250,5 8	5728140
Поршни в сборе	22,7	2220,1	20,7	24,15			
Коленчатый вал	30,7	4870	14,95	16,1			
Шатунные вкладыши	28,5	207	10,35	16,1			
Коренные вкладыши (верхние, нижние)	30,7	193,48 8 + 268,14 4 = 461,63 2	-	16,1			
ГБЦ	41,0	4284	8,8	10,35			
Клапаны	41,7	539,5	10,35	10,35			
Шатун	42,2	208	20,7	10,35			
Распределительный вал	43,2	4830,1	-	10,35			
Блок цилиндров	42,7	7599	38,5	10,35			
Итого:		26 310, 7					

Годовая наработка карьерных автомобилей с каждым годом увеличивается на 5-7% по причине углубления карьеров и увеличения длины ездки, поэтому годовая наработка составит не менее 7,7 тыс. моточасов. Для корректировки производительности и дохода, в связи с изменением годовой наработки, в расчет вводится коэффициент K_k , который определяется следующей зависимостью:

$$K_k = \frac{L_{r2}}{L_{r1}}, \quad (3.14)$$

где L_{r1} – годовая наработка автомобиля в предыдущем году, моточасов; L_{r2} – годовая наработка автомобиля в последующем году, моточасов.

Доход за весь срок службы автомобиля, тыс. руб., определяется по формуле:

$$D = \frac{W \cdot d}{100} \cdot T \cdot K_k. \quad (3.15)$$

Общая наработка автомобиля, моточасов определяется по формуле:

$$L_r = T \cdot L_{cp}^r; \quad (3.16)$$

$$K_k = \frac{7,7}{7,32} = 1,052;$$

$$D = \frac{5445000 \cdot 10000}{100} \cdot 10 \cdot 1,052 = 5\,728\,140 \text{ тыс. руб.};$$

$$L_r = 10 \cdot 7,7 = 77 \text{ тыс. моточасов.}$$

В расчете представлено выполнение разборочно-сборочных работ одним рабочим, поэтому принято время простоя в ремонте равно трудоемкости восстановления, отсюда следует объединение $a_1 + a_2 = 2450,73$ руб./ч, полученное в ходе исследований [95].

Ресурс гильз цилиндров и поршневых колец одинаковый, поэтому целесообразно проводить замену этих деталей одновременно [72].

При наработке 22,5 тыс. моточасов определяется целесообразность для совмещенной замены гильз цилиндров и поршней двигателя в сборе.

$$S_1^1 = \frac{5728140}{77} \cdot (22,7 - 22,5) \cdot \frac{2220,1}{68250,58} + \frac{2220,1}{22,5} (22,7 - 22,5) = 466,09 \text{ тыс. руб.}$$

$$S_2^1 = 2450,73 (52,93 - 41,4) + 0,2 \cdot 5728140 \frac{1091,32}{68250,58} = 46575,38 \text{ тыс. руб.}$$

$$Q_2^1 = 46575,38 - 466,09 = 46109,29 \text{ тыс. руб.}$$

В результате расчета можно сделать вывод, что целесообразно проводить совмещенную замену гильз цилиндров и поршней двигателя в сборе, т.к. $Q_2^1 > 0$.

При наработке 22,5 тыс. моточасов определяется целесообразность для совмещенной замены шатунных вкладышей и гильзо-поршневой группы.

$$S_1^2 = \frac{5728140}{77} \cdot (28,5 - 22,5) \cdot \frac{207}{68250,58} + \frac{207}{22,5} (28,5 - 22,5) = 1394,24 \text{ тыс. руб.}$$

$$S_2^2 = 2450,73 (87,98 - 41,36) + 0,2 \cdot 5728140 \frac{207}{68250,58} = 117727,6 \text{ тыс. руб.}$$

$$Q_3^1 = 117727,6 - 1394,24 = 116333,3 \text{ тыс. руб. } Q_3^1 > 0.$$

В результате расчета можно сделать вывод, что целесообразно проводить совмещенную замену шатунных вкладышей и гильзо-поршневой группы, т.к. $Q_3^1 > Q_2^1$.

При наработке 30,75 тыс. моточасов определяется целесообразность для совмещенной замены шатунных вкладышей и коленчатого вала.

$$S_1^1 = \frac{5728140}{77} \cdot (30,7 - 28,5) \cdot \frac{4870}{68250,58} + \frac{4870}{30,7} (30,7 - 28,5) = 11805,2 \text{ тыс. руб.}$$

$$S_2^1 = 2450,73 (14,95 - 10,35) + 0,2 \cdot 5728140 \frac{4870}{68250,58} = 93019,2 \text{ тыс. руб.}$$

$$Q_2^2 = 93019,2 - 11805,2 = 81214,04 \text{ тыс. руб. } Q_2^2 > 0.$$

В результате расчета можно сделать вывод, что целесообразно проводить совмещенную замену шатунных вкладышей и коленчатого вала со средним ресурсом 30,7 тыс. моточасов, т.к. $Q_2^2 > 0$.

Расчет совмещенной замены распределительного вала, шатунов, головок цилиндров и клапанов не проводится, т.к. средний ресурс этих деталей практически равен ресурсу блока цилиндров, составляющий 42,7 тыс. моточасов.

Повторную замену гильзо-поршневой группы с шатунными вкладышами рекомендуется проводить при наработке, определяемом по формуле:

$$I_{\text{зам}}^{\text{п}} = 22,5 + 18,0 = 40,5 \text{ тыс. моточасов.}$$

При наработке 40,5 тыс. моточасов определяется целесообразность для совмещенной замены поршней в сборе и гильз цилиндров.

$$S_1^1 = \frac{5728140}{77} \cdot (40,5 - 40,5) \cdot \frac{1091,32}{68250,58} + \frac{1091,32}{40,5} (40,5 - 40,5) = 0 \text{ тыс. руб.}$$

$$S_2^1 = 2450,73 (41,4 - 41,4) + 0,2 \cdot 5728140 \frac{1091,32}{68250,58} = 18318,48 \text{ тыс. руб.}$$

$$Q^1 = 18318,48 - 0 = 18318,48 \text{ тыс. руб.}$$

В результате расчета можно сделать вывод, что целесообразно проводить совмещенную замену поршней, поршневых колец и гильз цилиндров со средним ресурсом 40,5 тыс. моточасов.

Повторная замена коленчатого вала и шатунных вкладышей при наработке двигателя после проведения ремонта составляет:

- для коленчатого вала:

$$I_{\text{к/в}}^{\text{п}} = 0,8 \cdot 30,7 = 24,6 \text{ тыс. моточасов;}$$

- для шатунных вкладышей:

$$I_{\text{вк.ш}}^{\text{п}} = 0,8 \cdot 28,5 = 22,8 \text{ тыс. моточасов.}$$

При наработке 40,5 тыс. моточасов определяется целесообразность для совмещенной замены коленчатого вала и шатунных вкладышей.

$$S_1^2 = \frac{5728140}{77} \cdot (47,1 - 40,5) \cdot \frac{(4870 + 207)}{68250,58} + \frac{(4870 + 207)}{47,1} \cdot (47,1 - 40,5) = 35080,23 \text{ тыс. руб.}$$

$$S_2^2 = 2450,73 \cdot (25,3 - 16,1) + 0,2 \cdot 5728140 \cdot \frac{4870+207}{68250,58} = 107767,3 \text{ тыс. руб.}$$

$$Q^{1,2} = 107767,3 - 35080,23 = 72687,04 \text{ тыс. руб.}$$

В результате расчета можно сделать вывод, что целесообразно проводить совмещенную замену коленчатого вала и шатунных вкладышей со средним ресурсом 40,5 тыс. моточасов, т.к. $Q^{1,2} > 0$. Замену деталей рекомендуется проводить после повторного ресурса при наработке 24,6 тыс. моточасов.

Относительно большое значение $Q^{1,2}$ свидетельствует о высокой эффективности совмещенной замены коленчатого вала с шатунными вкладышами с гильзо-поршневой группой при наработке 22,5 тыс. моточасов.

Средний ресурс двигателя MTU DD16V4000 до планового ремонта составляет 22,5 тыс. моточасов. После замены деталей двигателя восстановленными их ресурс ниже, равный 0,8. Ресурс восстановленного двигателя после планового ремонта в расчете принимается 0,8 и составляет:

$$I_{\text{кв}} = 22,5 \cdot 0,8 = 18,0 \text{ тыс. моточасов.}$$

Одновременная замена других узлов и деталей оказалась нецелесообразной.

После замены блока цилиндров, гильз цилиндров, поршней в сборе ресурс будет составлять 60-80% от величины ресурса новых деталей. С учетом этого полный ресурс после замены этих деталей равен:

$$I'_{\text{цпг}} = 22,5 + (22,5 \cdot 0,8) = 40,5 \text{ тыс. моточасов.}$$

После 40,5 тыс. моточасов требуется проведение капитального ремонта двигателя, что позволит снизить затраты на его проведение, а также исключить полное недоиспользование ресурса деталей [71].

После определения целесообразности замены совмещенных групп деталей двигателя требуется произвести расчет резервирования запасных частей для ремонта двигателей, что является необходимой составляющей совершенствования режимов ремонта ДВС [71, 73].

3.5 Расчет резервирования запасных частей для ремонта двигателей карьерных самосвалов

Проанализировать изменение вероятности безотказной работы карьерного самосвала БЕЛАЗа-75309 с двигателем MTU DD16V4000 в зависимости от способа резервирования возможно воспользовавшись данными по надёжности работы узлов и деталей этого двигателя, приведенными в приложении Б.

Вероятность безотказной работы карьерного самосвала БЕЛАЗа-75309 с отсутствием резервного двигателя составляет:

$$P_g^0(1) = 0,092 \cdot 0,57 \cdot 0,82^2 \cdot 0,835 = 0,029.$$

При указанной надёжности узлов и деталей (приложение Б), это означает, что только 2,9% двигателей всего парка карьерных самосвалов отработают безотказно наработку в 40,0-50,0 тыс. моточасов.

Надёжность работы карьерного самосвала БЕЛАЗа-75309 с двигателем MTU DD16V4000 при наличии комплекта всех запасных частей составляет:

$$P_g'(1) = [1 - (1 - 0,092)^2] [1 - (1 - 0,57)^2] [1 - (1 - 0,82)^2]^2 [1 - (1 - 0,835)^2] = 0,13$$

В этом случае, надёжность работы карьерного самосвала БЕЛАЗа-75309 с двигателем MTU DD16V4000, по сравнению с карьерным самосвалом, не имеющим запасного резерва, повысится в 4,48 раза (0,13/0,029).

При наличии в запасе двигателя в сборе, вместо отдельных узлов и деталей, надёжность карьерного самосвала составит:

$$P_g(1) = 1 - (1 - 0,029)^2 = 0,057.$$

В данном случае, надёжность работы карьерного самосвала БЕЛАЗа-75309 с двигателем MTU DD16V4000 при резервировании отдельных узлов и деталей в 1,97 раза (0,057/0,029) выше, чем при общем резервировании.

Надёжность работы карьерного самосвала БЕЛАЗа-75309 с двигателем MTU DD16V4000 $P_g'(1) = 0,13$ может быть обеспечена и при общем резервировании, но тогда потребуется значительное количество запасных двигателей, а это, в свою очередь, приведёт к увеличению складских запасов и, соответственно, стоимости резерва (запаса).

Следовательно, для поддержания необходимого уровня надёжности работы карьерных самосвалов и снижения расходов на запасные части, резервный фонд целесообразно создавать не из двигателей в сборе, а из его узлов и деталей [66]. Наличие отдельных запасных частей целесообразно держать для эффективной работы ремонтного цеха (авторемонтного предприятия), а для ГОКов в целом целесообразно иметь в резерве оборотный двигатель.

Согласно теории надёжности результат, получаемый за счёт резервирования, увеличивается при любом дроблении резерва.

Наиболее выгодным, с этой точки зрения, следовало бы считать резервирование отдельными деталями, что в настоящее время находит применение на практике работы автомобильного транспорта [64].

Удовлетворение требований в отношении качества сборки, минимизации затрат, простоты выполнения работ по замене изношенных деталей является причиной того, что сборочные единицы двигателя используются в качестве запасной (резервной) детали [71]. Отсюда, можно сделать вывод о необходимости применения восстановленных узлов, а не отдельных деталей.

3.6 Выводы по главе

1. Установлены устойчивые зависимости изменения функции эффективности технического обслуживания с заменой изношенных деталей двигателя восстановленными, в зависимости от типа ремонтного предприятия, в котором выполняется ТО. Установлено, что эффективность восстановления работоспособности двигателей на авторемонтном заводе выше, чем на АТП или предприятии ТО и Р.

2. В разработанную математическую модель рационального режима ремонта двигателей карьерных автомобилей впервые введены коэффициенты, которые учитывают тип ремонтного предприятия $\eta_1=0,8\dots 1$ и наработку $\eta_2=1..1,82$.

3. Выполнено математическое моделирование эффективности, совмещенной замены разных групп деталей двигателя и группировка детали двигателя для проведения совмещенной замены, и проведен анализ целесообразности их замены.

4. Выполнен расчет надежности карьерного самосвала при различных способах резервирования запасных частей для ремонта. Установлено, что

надёжность работы карьерного самосвала, имеющего резерв, в 4,48 раза выше, чем при его отсутствии. В сравнении с общим резервированием, резервирование отдельных узлов и деталей позволяет повысить надёжность карьерного самосвала в 1,97 раза. Таким образом, для поддержания необходимого уровня надёжности работы карьерных самосвалов и снижения расходов на запасные части, резервный фонд целесообразно создавать из узлов и деталей двигателя, а также иметь в наличии один исправный резервный двигатель на весь парк машин.

ГЛАВА 4. ОБКАТКА И ИСПЫТАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ

4.1. Анализ видов режимов обкатки двигателя

В значительной степени эффективность ремонта автомобильных двигателей будет определяться последующей их приработкой, что играет важную роль при повсеместном внедрении восстановления работоспособности автомобильных двигателей заменой, подверженных максимальному износу, деталей двигателя восстановленными.

Выполнение приработки двигателя на холостом ходу или при её отсутствии может привести к значительным и неоправданным производственным и эксплуатационным затратам, причинами которых могут быть снижение ресурса и более частое появление отказов восстановленных двигателей.

Приработка двигателя увеличивается после проведения его ремонта заменой, подверженных максимальному износу, деталей двигателя восстановленными, в связи с невозможностью, в ряде случаев, ограничить нагрузки в первоначальный период работы двигателя [73].

После процесса изготовления карьерных автомобильных двигателей или проведения ремонта необходимо произвести стендовые испытания или обкатку, позволяющие выявить дефекты и неточности после сборки, произвести промывку каналов блока цилиндра двигателя от продуктов износа, проверить работоспособность деталей и обеспечить притирку сопрягаемых поверхностей деталей.

Обкатка деталей обеспечивает работоспособность и долговечность двигателя при различных условиях эксплуатации. Обкатка позволяет адаптировать детали двигателя и придать физико-механические свойства их

поверхностям, которые в процессе эксплуатации работают в нагруженном состоянии.

Применяемые в настоящее время режимы обкатки карьерных автомобильных двигателей различны по стадиям, нагрузкам и частоте вращения коленчатого вала и по продолжительности составляют от 30 мин до 480 мин.

Отсутствие единой научно-обоснованной методики определения эффективных режимов обкатки и теоретических основ этого процесса приводит к низкому качеству ремонта автомобильных двигателей [42, 74].

При сборке восстановленных двигателей используются детали годные, но уже не применяемые в работе, а также восстановленные и новые. По качеству, макро- и микрогеометрическим параметрам эти детали различны.

Эффективность ремонта в значительной степени снижается при проведении некачественной или неполной приработки, что приводит к снижению сроков службы двигателей в эксплуатации, т.к. при этом значительно увеличивается не только первоначальный износ, но и последующий износ при эксплуатации двигателей.

К этапам процесса приработки двигателей можно отнести:

1-й этап заводской обкатки двигателей завершает микрогеометрическую приработку поверхностей трения деталей и по времени является самым кратковременным. Такая приработка характеризуется спокойным сглаживанием микронеровностей всей поверхности трения и сопровождается пластическим деформированием.

На 2-м этапе происходит макрогеометрическая приработка деталей двигателя. По времени этот этап занимает значительно больший период и оказывает огромное влияние на последующую долговечность двигателя. Этот период приработки называется эксплуатационным.

Окончательное формирование эффективной микрогеометрии поверхностей трения обеспечивается в период эксплуатационной приработки.

К концу приработки темп изнашивания деталей двигателя стабилизируется, в результате чего образуется повышенная твердость поверхностного слоя трения, обладающего высокими антифрикционными свойствами. Что же касается макрогеометрической приработки, то при ней устраняются волнистость и макронеровности поверхностей, в результате чего происходит стабилизация зазоров в сопряжениях деталей.

Завершающим этапом подготовки двигателя к восприятию эксплуатационных нагрузок является полная приработка его деталей.

Для выбора эффективных условий приработки, кроме геометрии поверхностей трения и зазоров в сопряжениях деталей, исходными параметрами являются условия работы, характеризующиеся давлениями, скоростями скольжения, температурой, смазкой, материалами сопрягаемых поверхностей деталей двигателя и др.

Обкатка двигателя должна производиться на холостом ходу и под нагрузкой, а также включать в себя режим холодной обкатки. Для каждого режима предусматривается различное изменение нагрузки на сопрягаемые поверхности. Проведение работ по обкатке двигателя дает возможность исключить задиры на поверхностях, уменьшить износ деталей и повысить надежность деталей двигателя [15]. Нарушение режимов приработки может привести к резкому снижению сроков службы автомобильных двигателей.

Холодная обкатка является важным этапом в приработке сопрягаемых поверхностей, при которой происходит смывание смазкой первоначальных продуктов износа. Подготовительным этапом горячей приработки под нагрузкой является кратковременная работа двигателя на холостом ходу. Горячая приработка под нагрузкой необходима для формирования лучшей шероховатости сопрягаемых поверхностей.

Для надёжной смазки сопряжений минимальная частота вращения коленчатого вала при холодной обкатке двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 должна быть не менее 600-700 мин⁻¹.

Увеличение частоты вращения коленчатого вала свыше 700 мин^{-1} , нецелесообразно, потому как давления на основные пары трения снижаются, и приработка не будет эффективной.

Горячую приработку под нагрузкой рекомендуется начинать с частотой вращения коленчатого вала 1500 мин^{-1} и удельных давлениях на основные пары трения, значительно превышающих удельные давления холостого хода.

Завершение приработки двигателя под нагрузкой определяется частотой вращения коленчатого вала при достижении максимальных значений суммарных удельных давлений. Для двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 они наблюдаются при 1900 мин^{-1} .

Данные показатели являются основными предпосылками для назначения режимов обкатки карьерных автомобильных двигателей при использовании обкаточно-тормозных стендов. На практике применение обкаточно-тормозных стендов либо затруднено, либо экономически невыгодно.

В последнее время очень часто в транспортном цеху горно-обогатительного комбината проводят замену деталей гильзо-поршневой группы и коленчатого вала с шатунными вкладышами. Обкатку применяют редко или ограничено только на холостом ходу, что не даёт необходимых обоснованных результатов.

Приработка и испытание двигателя при замене гильзо-поршневой группы или коленчатого вала с шатунными вкладышами необходимы для восстановленных двигателей, выполненных в условиях авторемонтного предприятия.

В настоящее время транспортный цех ГОКа не оснащен обкаточно-тормозным стендом. Его приобретение не всегда считается целесообразным, поскольку существуют другие простые, доступные способы обкатки и испытания автомобильных двигателей. Наибольшее применение имеет бестормозная обкатка. В качестве нагрузки используются собственные

сопротивления двигателя в сочетании с выключением части цилиндров и ограничением хода рейки топливного насоса высокого давления двигателя (ТНВД).

Часть индикаторной мощности при выключении одного или нескольких цилиндров расходуется на преодоление сил трения в деталях гильзо-поршневой группы, кривошипно-шатунного и других механизмов и потерь и на преодоление сил сопротивления работающих и выключенных цилиндров. Эти величины относятся к основным нагрузкам двигателя при бестормозной обкатке. Для работающих цилиндров внешними нагрузками являются механические и насосные потери выключенных цилиндров [25, 81].

При бестормозном нагружении, где отсутствует эффективная нагрузка на коленчатом валу двигателя, индикаторная мощность работающих цилиндров принимается равной мощности механических потерь двигателя, л.с., и определяется по формуле:

$$Z_P \cdot N'_{i1} = Z_P \cdot N_{MP1} + Z_B \cdot N_{MB1}, \quad (4.1)$$

где Z_P - число работающих цилиндров, шт.; Z_B - число неработающих цилиндров, шт.; N'_{i1} - индикаторная мощность одного работающего цилиндра в условиях бестормозного нагружения механическими потерями выключенных цилиндров, л.с.; N_{MP1} - мощность механических потерь одного работающего цилиндра, л.с.; N_{MB1} - мощность механических потерь одного нерабочего цилиндра, л.с. [25, 81].

Пусть отношение $\frac{N_{MB1}}{N_{MP1}}$ принимается равным K , а также N'_{i1} принимается равным $\frac{N'_{e1}}{\eta_M}$, то уравнение (4.1) относительно N'_e позволяет определить значение внешней нагрузки для работающих цилиндров в условиях бестормозного нагружения [25, 81].

Значение эффективной мощности механических потерь для одного цилиндра л.с., определяется по формуле:

$$N'_{e1} = \eta_M \cdot N_{MP1} \cdot \left(1 + K \cdot \frac{Z_B}{Z_P}\right), \quad (4.2)$$

где η_M - коэффициент полезного действия двигателя [25, 81].

Значение эффективной мощности механических потерь для двигателя в целом, л.с., определяется по формуле:

$$N'_e = \eta_M \cdot N_M \cdot \left(1 + K \cdot \frac{z_B}{z - z_B}\right) \quad (4.3)$$

где: Z - число цилиндров двигателя, шт.; N_M - мощность механических потерь двигателя, л.с. [25, 81].

При бестормозных испытаниях внешняя нагрузка на коленчатом валу двигателя отсутствует, поэтому N'_e является понятием условным. При оценке нагрузки работающих цилиндров при бестормозном нагружении двигателя N'_e играет такую же роль, как и эффективная мощность при тормозном нагружении [25, 81].

Эффективная мощность механических потерь для двигателя в условиях бестормозного нагружения зависит от механического КПД, мощности механических потерь и количества выключенных цилиндров [25, 81].

Для дизельных двигателей значения N_{MB1} и N_{MP1} будут почти одинаковы, т.к. уменьшение потерь на трение в выключенных цилиндрах по причине отсутствия сгорания рабочей смеси будет компенсироваться увеличением в них насосных потерь [69, 70]. Тогда в формуле (4.3) значение K принимается равным единице, т.е. $K = 1$ [25, 81].

Эффективная мощность механических потерь, работающих цилиндров, в пересчете на весь двигатель при работе его с частью выключенных цилиндров определяется в соответствии со значениями η_M и N_M [25, 81].

В настоящее время существует несколько способов определения механических потерь (N_M). Наиболее сложным является индикаторный способ. Он позволяет определить N_M в условиях рабочего режима. Существуют также более простые и доступные способы определения механических потерь. К ним относятся бестормозные способы, позволяющие определить величину мощности механических потерь в условиях, отличающихся от нормального рабочего процесса. Наиболее простой,

доступный и приемлемый способ холостого хода предложен проф. Н.С. Ждановским [25, 81].

При бестормозном способе основным критерием оценки состояния приработки дизельного двигателя является частота вращения, развиваемая им на холостом ходу при ограниченной подаче топлива. Степень ограничения нагрузки должна гарантировать безопасность работы не приработанного двигателя [69, 70]. Определение степени ограничения нагрузки происходит на устойчивой работе двигателя в режиме холостого хода при минимальной частоте вращения коленчатого вала, обеспечивающей достаточную производительность масляного насоса при заданной вязкости и температуре масла.

Степень приработанности двигателя, у которого была проведена замена гильзо-поршневой группы или коленчатого вала с шатунными вкладышами, определяется показателем, представляющим собой отношение развиваемой частоты вращения коленчатого вала испытуемого двигателя к частоте вращения уже приработанного эталонного двигателя.

Равномерность работы цилиндров определяется бестормозным способом нагружения двигателя.

Анализ свойств и характеристик бестормозного и тормозного способов нагружения показал, что каждый рассмотренный способ имеет неотличительные значения приработки двигателя. Это подтверждается линиями износа двигателя после замены поршневых колец, представленными на рисунке 4.1.

Выключение из работы нескольких цилиндров двигателя характеризует бестормозной способ нагружения, при котором нагрузка может иметь различные значения. При выключении 8 цилиндров бестормозная нагрузка 8 работающих цилиндров двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 изменяется от 15,6 л.с. при 800 мин⁻¹ до 214 л.с. при 2100 мин⁻¹.

Такое значение практически соответствует тормозной нагрузке при обкатке двигателей автомобилей на авторемонтных предприятиях.

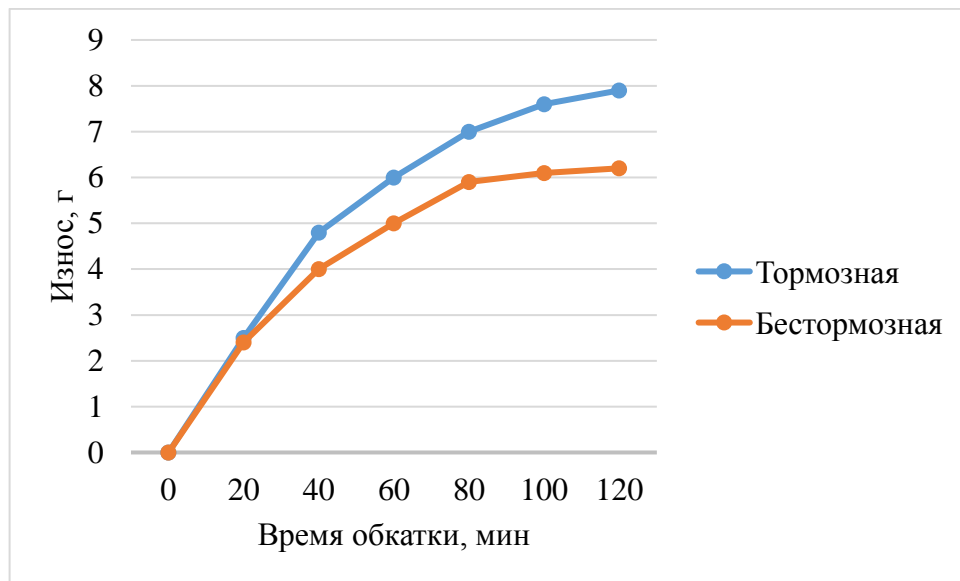


Рисунок 4.1 - Износ при обкатке двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309

В результате проведенных исследований было выявлено, что для двигателей MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 после проведения ремонта заменой, подверженных максимальному износу, деталей двигателя восстановленными, обкатка бестормозным способом нагружения ранее не проводилась, поэтому выбор эффективного режима обкатки является актуальным для повышения надежности и долговечных карьерных двигателей [61].

4.2 Методика определения эффективного режима обкатки двигателя

Анализ режимов обкатки как с применением обкаточно-тормозного стенда, так и бестормозного устройства с выключением части цилиндров показал, что общим для них является наличие трех этапов приработки: холодной, горячей на холостом ходу и под нагрузкой. Общим является

постепенное увеличение скоростей скольжения и нагрузки на сопрягаемые поверхности. Режимы отдельных стадий различаются по продолжительности.

Решающее значение в приработке сопрягаемых поверхностей многие исследователи считают стадии холодной обкатки и горячей приработки под нагрузкой. Обкатка на холостом ходу сводится к подготовке двигателя к приработке под нагрузкой. По продолжительности эта стадия кратковременная.

Режим обкатки двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 с использованием обкаточно-тормозного стенда представлен на рисунках 4.2-4.5. Общая продолжительность обкатки составляет 315 мин.

Время обкатки двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 на стадии холодной приработки составляет 90 мин. при частоте вращения коленчатого вала 600-1400 мин⁻¹, о чем свидетельствует график, представленный на рисунке 4.2 [92, 94].

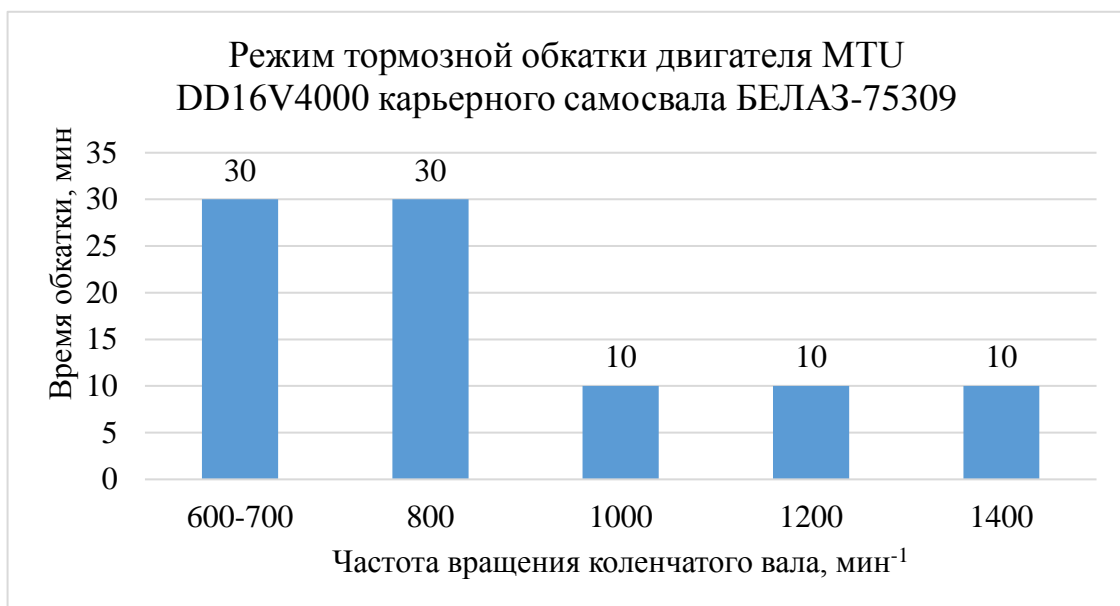


Рисунок 4.2 – Холодная обкатка

Время обкатки двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 на стадии холостого хода составляет 15 мин. при частоте

вращения коленчатого вала 1500-1700 мин⁻¹, чему свидетельствует график, представленный на рисунке 4.3 [92, 94].

Время обкатки двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 на стадии под нагрузкой 0-450 л.с. составляет 180 мин. при частоте вращения коленчатого вала 1500-2100 мин⁻¹[92, 94].

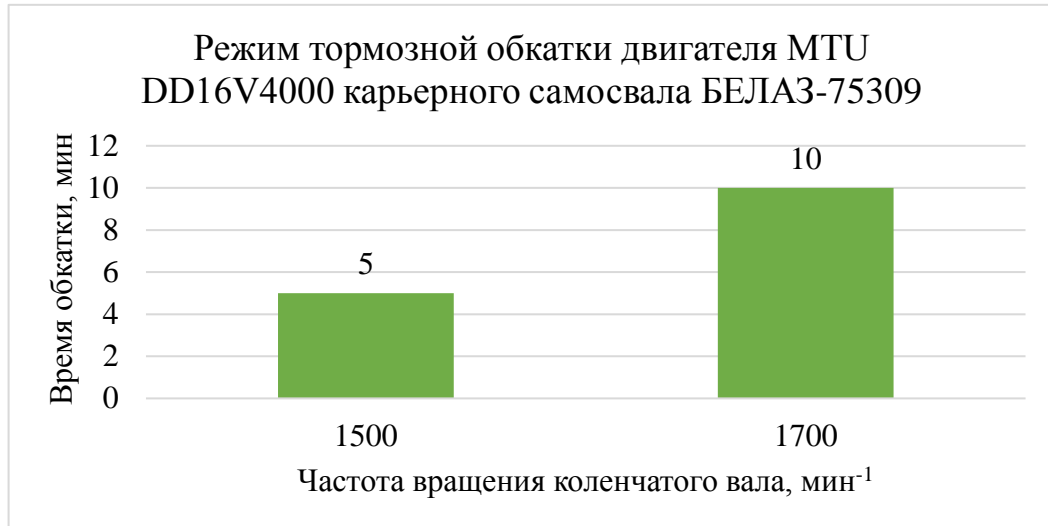


Рисунок 4.3 – Горячая обкатка на холостом ходу

График, представленный на рисунке 4.4, отображает режим тормозной обкатки на стадии под нагрузкой.

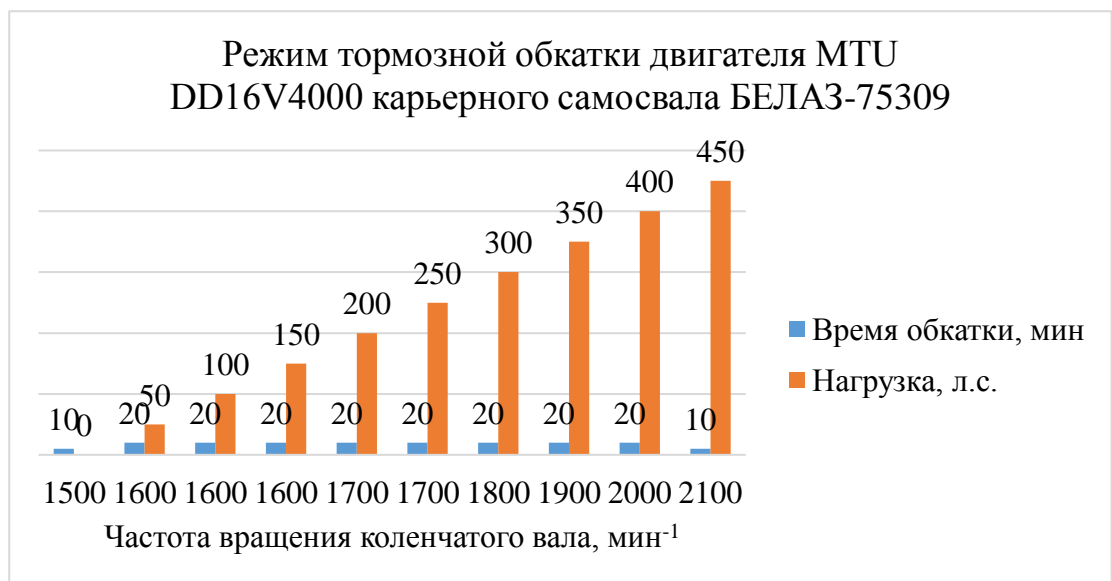


Рисунок 4.4 – Горячая обкатка под нагрузкой

Приемка двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 по времени составляет 30 мин. с нагрузкой 50-400 л.с., 490-510 л.с. и без нагрузки с определенной частотой вращения коленчатого вала, чему свидетельствует график, представленный на рисунке 4.5 [92, 94].

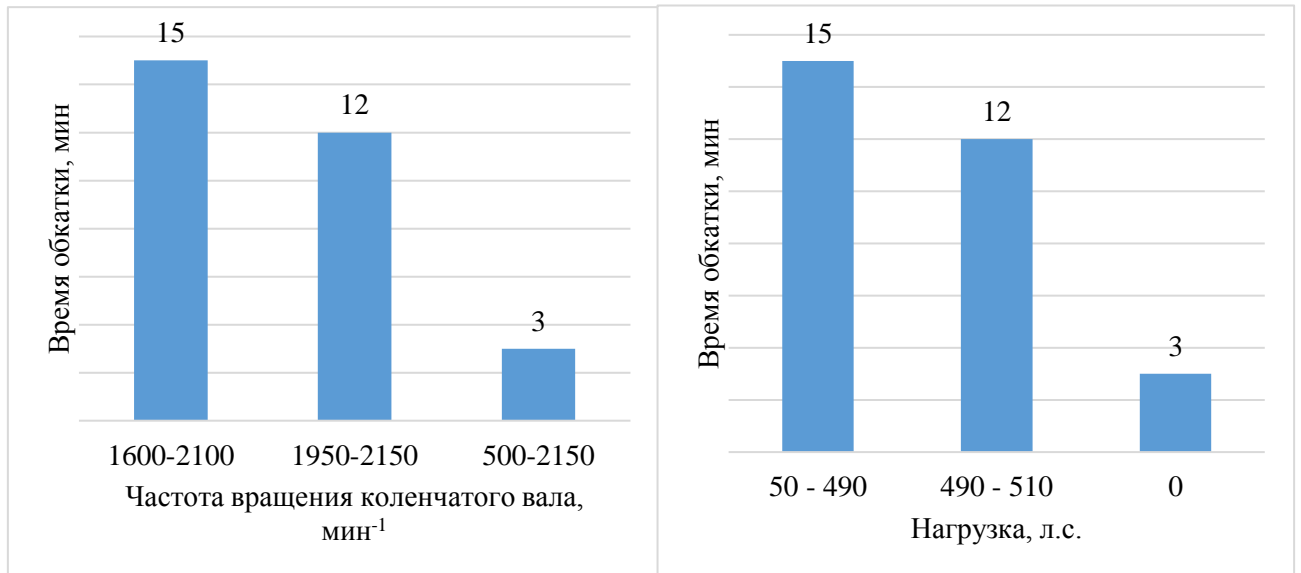


Рисунок 4.5 - Приемка двигателя

Значения величин, полученные в ходе оценки стадий приработки при бестормозной обкатке, после ремонта двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 приведены на рисунках 4.6-4.8. Около 70% износа деталей двигателя происходит на этапе холодной приработки.

Продолжительность холодной приработки при бестормозной обкатке для двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 составляет 20 мин при частоте вращения коленчатого вала 600-700 мин⁻¹, что отображено на графике 4.6 [92, 94].

В связи с тем, что бестормозная обкатка для двигателя MTU DD16V4000 БЕЛАЗа-75309 ранее не исследовалась, по причине первостепенного решения задачи по установлению режимов бестормозного нагружения, то следует провести исследование ее эффективности после замены, подверженных максимальному износу, деталей двигателя восстановленными.

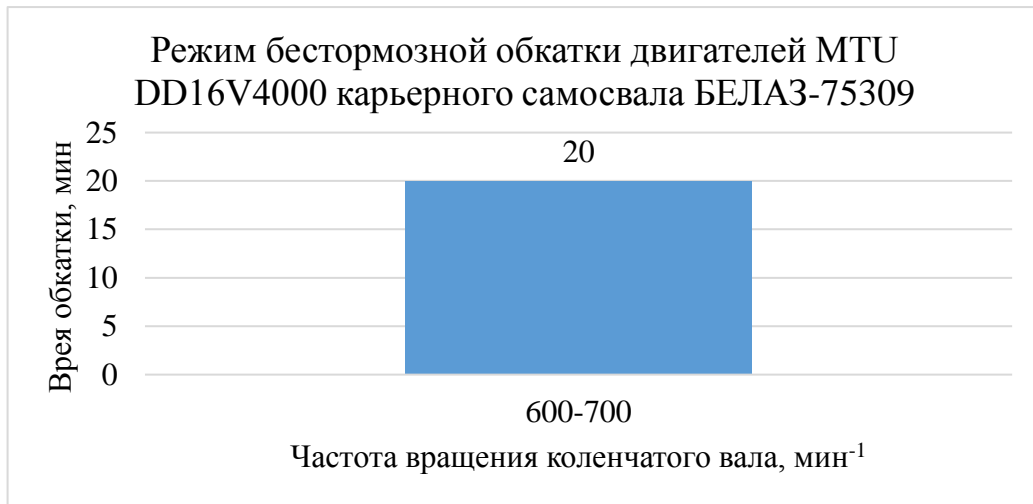


Рисунок 4.6 – Холодная обкатка

Результат холодной приработки как при тормозной, так и при бестормозной обкатке не отличается между собой, поэтому возможно увеличение продолжительности этого этапа для двигателя MTU DD16V4000 до 35 мин. Начальные условия обкатки - частота вращения коленчатого вала 600 мин⁻¹ и конечные условия 800 мин⁻¹. Повышение частоты вращения коленчатого вала выше 800 мин⁻¹ нецелесообразно из-за появления больших инерционных нагрузок, что может привести к нарушениям работы двигателя. При высокой частоте вращения давление на основные пары трения не возрастает, поэтому эффективность приработки не будет достигнута.

Этап приработки - обкатка на холостом ходу характеризуется кратковременностью и является подготовительным этапом горячей приработки под нагрузкой. Выполняется при полной работе всех цилиндров двигателя. Более эффективным режимом холостого хода для двигателей MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 следует считать частоту вращения коленчатого вала 1500-1600 мин⁻¹ и продолжительность 15 мин. При обкатке на холостом ходу продолжительностью 50 мин и при изменении частоты вращения 1500-1700 мин⁻¹ приработка не будет эффективна [73]. Значения бестормозной обкатки двигателя MTU DD16V4000 после ремонта на стадии холостого хода представлены на рисунке 4.7.

После приработки на холостом ходу проводится приработка под нагрузкой только одной части цилиндров, чему свидетельствует график 4.8. Частота вращения коленчатого вала установлена в пределах 1500-2100 мин⁻¹ для каждого этапа. Значение условной эффективной нагрузки составляет от 35 л.с. до 220 л.с. в зависимости от этапа. Продолжительность обкатки для одной половины цилиндров под нагрузкой составляет 120 мин. [92, 94].

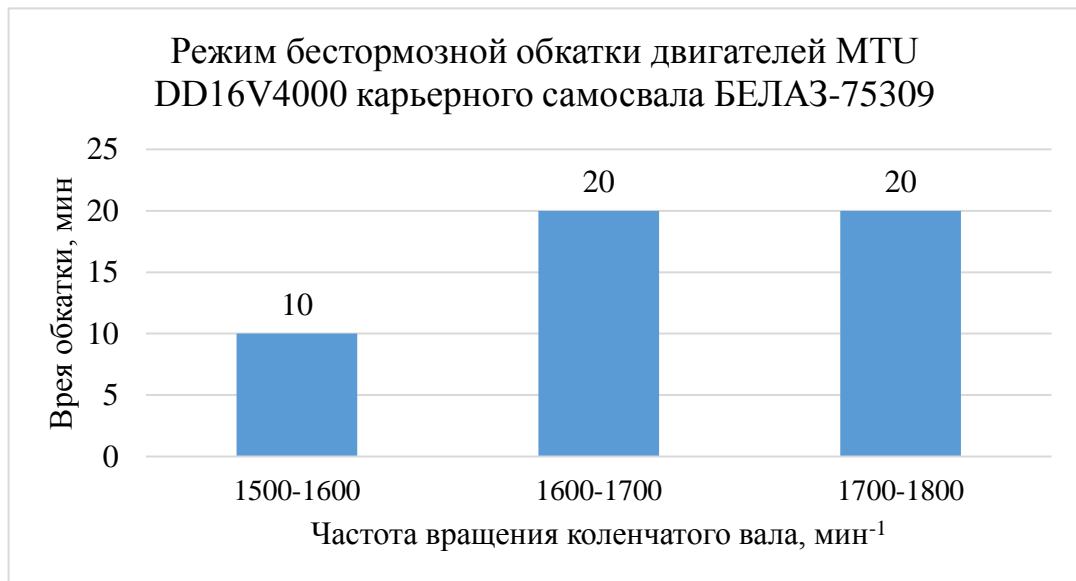


Рисунок 4.7 – Горячая обкатка на холостом ходу

Для проведения горячей обкатки под нагрузкой для второй половины цилиндров двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 используется режим нагружения такой же, как и для первой половины цилиндров (рисунок 4.8). Число работающих цилиндров – 8. Работает 1-я половина цилиндров [92, 94].

Общая продолжительность обкатки для двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 после ремонта составляет 310 мин.

Режимы горячей приработки под нагрузкой требуют детального исследования, но имеют установленные и общепринятые значения. Условная эффективная нагрузка при бестормозной обкатке изменяется практически в тех же пределах, что и при тормозной.

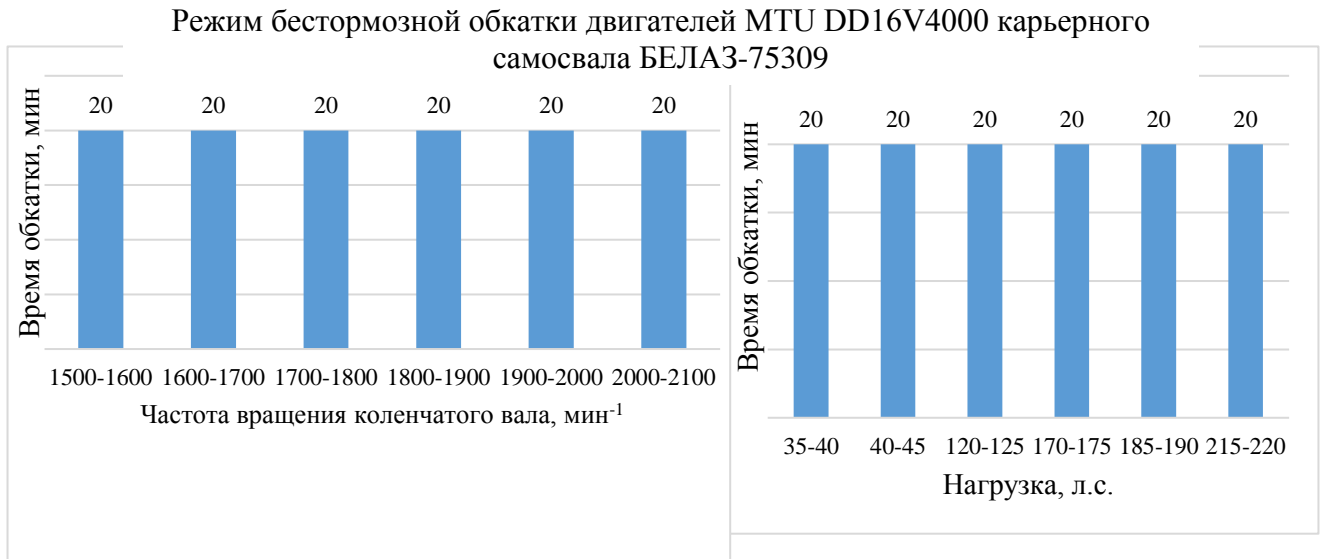


Рисунок 4.8 – Горячая обкатка под нагрузкой

После проведенного анализа результатов обкатки рекомендуется применять бестормозной способ нагружения после ремонта двигателя MTU DD16V4000 БЕЛАЗа-75309 заменой, подверженных максимальному износу, деталей двигателя восстановленными, чему свидетельствуют значения, представленные в графиках на рисунках 4.9 и 4.10.

Время обкатки двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 после его восстановления на стадии холодной приработки составляет 35 мин. при частоте вращения коленчатого вала 600-700 мин⁻¹ и 800 мин⁻¹, чему свидетельствует график, представленный на рисунке 4.9 [92, 94].

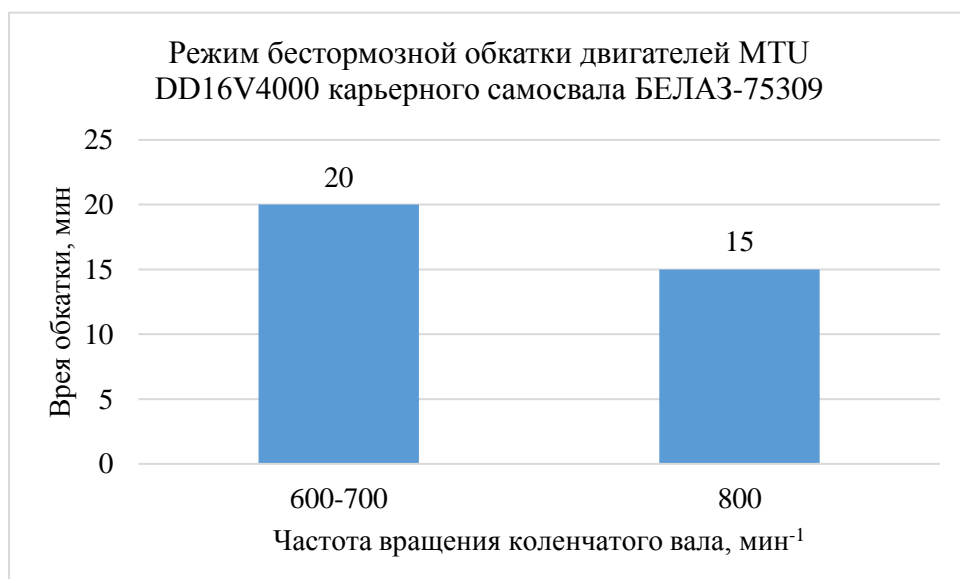


Рисунок 4.9 – Холодная обкатка

Время обкатки двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 после его восстановления на стадии холостого хода составляет 30 мин. при частотах вращения коленчатого вала 1500-1600 мин⁻¹, 1600-1700 мин⁻¹, чему свидетельствует график, представленный на рисунке 4.10 [92, 94].

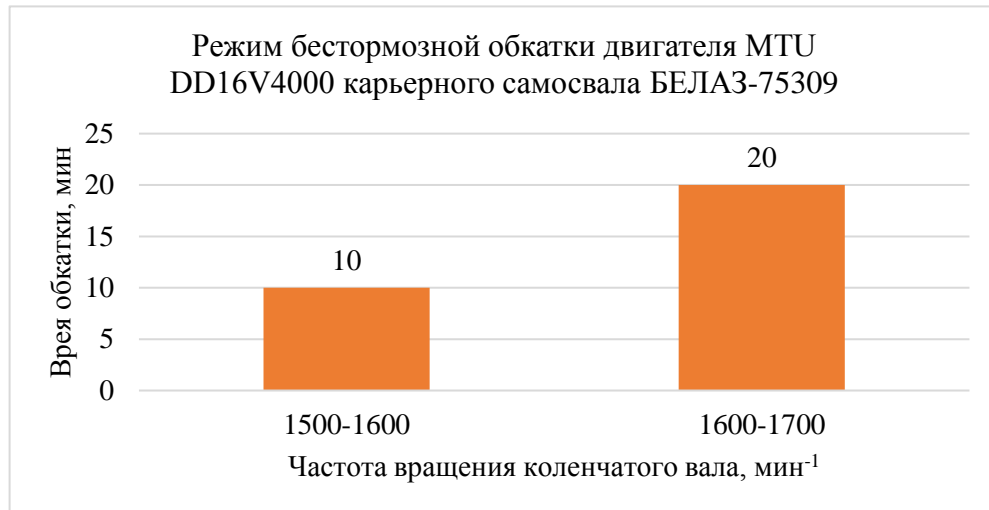


Рисунок 4.10 – Горячая обкатка на холостом ходу

Время обкатки двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 после его восстановления для первой половины цилиндров на стадии под нагрузкой 35-220 л.с. составляет 120 мин. при частоте вращения коленчатого вала 1500-2100 мин⁻¹. Такие же значения используются и для второй половины цилиндров [73]. Величины бестормозной обкатки для двигателей MTU DD16V4000 БЕЛАЗа-75309 после ремонта и восстановления заменой, подверженных максимальному износу, деталей двигателя восстановленными, на этапах приработки под нагрузкой для первой и второй половины цилиндров совпадают (рисунок 4.9).

Общая продолжительность обкатки для двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 после его восстановления составляет 305 мин.

Представленные значения на рисунках 4.8–4.10 незначительно отличаются от рекомендуемых величин по обкатке двигателей, полученных в ходе испытаний на обкаточно-тормозном стенде. Для повышения

эффективности бестормозного способа нагружения при обкатке двигателя, который является составляющим условием совершенствования режимов ремонта ДВС, необходимо провести оценку его параметров [61].

4.3 Методика определения параметров эффективности бестормозной обкатки двигателей

Для определения параметров эффективности обкатки двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 необходимо оценить такие параметры как:

1. Частота вращения коленчатого вала. Оценивается максимальное значение при работе одной половины цилиндров двигателя;
2. Степень приработки двигателя. Величина определяется по формуле:

$$\Delta = \frac{n_{\text{max. исп.}}}{n_{\text{max. эт.}}}, \quad (4.4)$$

где $n_{\text{max. исп.}}$ – частота вращения коленчатого вала двигателя при работе одной половины цилиндров, мин^{-1} ; $n_{\text{max. эт.}}$ – частота вращения коленчатого вала эталонного двигателя при работе одной половины цилиндров, мин^{-1} [25, 81];

3. Равномерность и устойчивость работы цилиндров двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309. Такой параметр оценивается по работе 5-ти цилиндров двигателя;

4. Уплотнение гильзо-поршневой группы. Параметр оценивается после завершения всей обкатки двигателя;

5. Крутящий момент для проворачивания коленчатого вала двигателя в сборе перед процессом его обкатки и после;

6. Прирабатываемость рабочих поверхностей поршневых колец, опорных шеек коленчатого вала, гильз цилиндров шатунных вкладышей подшипников коленчатого вала [25, 81].

Эффективность обкатки можно определить по значениям параметров обкатки обкаточно-тормозным и бестормозным способами нагружения. Перед проведением экспериментальных исследований необходимо создать идентичные условия при различных способах обкатки в соответствии с установленными техническими условиями.

Для оценки эффективности обкатки проводятся исследования 5-ти восстановленных двигателей заменой, подверженных максимальному износу, деталей двигателя восстановленными, на обкаточно-тормозном стенде и при бестормозном способе обкатки при выключении части цилиндров [68].

Значения параметров и средства измерения эффективности обкатки двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 представлены в приложении Д.

Алгоритм проверки эффективности обкатки двигателя при бестормозном способе указан на рисунке 4.11.

Стенд, на котором устанавливается двигатель для проверки эффективности обкатки при бестормозном способе, должен обеспечивать частоту вращения коленчатого вала 600-700 мин⁻¹. Затем устанавливается специальное устройство для перекрытия подачи топлива в цилиндры двигателя [68, 73].

После проведения горячей обкатки на холостом ходу необходимо выключить цилиндры 1-3-4-2-9-11-12-10. Далее горячая обкатка под нагрузкой проводится при работающих цилиндрах 5-7-8-6-13-15-16-14, выдержав режимы согласно рисунку 4.8.

По окончании приработки под нагрузкой 1-й половины цилиндров аналогичным образом проводится горячая обкатка под нагрузкой для второй половины цилиндров. Необходимо выключить цилиндры 5-7-8-6-13-15-16-14 и провести горячую обкатку под нагрузкой при работающих цилиндрах 1-3-4-2-9-11-12-10, выдержав режимы согласно рисунку 4.8 [74].

По завершению процесса обкатки двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 требуется провести оценку эффективности его приработки и сборки.



Рисунок 4.11 - Алгоритм проверки эффективности обкатки двигателя при бестормозном способе

Максимальная частота вращения коленчатого вала при работе одной половины цилиндров с ограничением подачи в них топлива составляет 1500 мин^{-1} .

Степень приработки должна быть $\Delta > 0,85$ при $n_{\text{max. эт.}} = 1500 \text{ мин}^{-1}$.

Равномерность и устойчивость работы при отключении одного цилиндра двигателя MTU DD16V4000 БЕЛАЗа-75309 не должна быть более 35 мин^{-1} .

Уплотнение гильзо-поршневой группы проверяется с помощью специального прибора. По показаниям измерительного прибора определяется состояние гильзо-поршневой группы. Значение $<20\%$ определяет допустимое уплотнение гильзо-поршневой группы.

Максимальное значение крутящего момента для проворачивания коленчатого вала двигателя в сборе до обкатки оценивает качество сборки двигателя. После проведения обкатки максимальное значение крутящего момента для проворачивания коленчатого вала двигателя в сборе определяет эффективность обкатки. Крутящий момент для оценки эффективности обкатки определяется через 3 ч на холодном двигателе.

Визуальный метод позволяет определить прирабатываемость рабочих поверхностей поршневых колец, опорных шеек коленчатого вала, гильз цилиндров шатунных вкладышей подшипников коленчатого вала [42]. Шероховатость поверхностей определяется с помощью измерительного прибора.

Оценка эффективности бестормозной обкатки двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 проводится с помощью сравнительного анализа значений ресурса восстановленных двигателей заменой, подверженных максимальному износу, деталей двигателя восстановленными, после обкатки и восстановленных двигателей, но не прошедших процесс обкатки или восстановленных двигателей после обкатки только на холостом ходу [73].

Представленная разработанная методика позволяет проводить экспериментальные исследования по оценке эффективности приработки и сборки двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 [55].

4.4 Сравнительный анализ параметров эффективности обкаточно-тормозного и бестормозного способов нагружения

Для оценки параметров эффективности обкатки двигателей карьерных самосвалов БЕЛАЗ-75309 подбираются 10 моделей двигателей MTU DD16V4000, эксплуатирующихся в горно-обогатительном комбинате с идентичными условиями эксплуатации (перевозка железной руды и вскрышного грунта), которые подвергались капитальному ремонту и последующей обкатке обкаточно-тормозным и бестормозным способами согласно режимам и стадиям приработки, указанным на рисунках 4.8-4.10 [52, 53]. Результаты экспериментальных исследований отображены на рисунках 4.12-4.17 [73].

Максимальная частота вращения коленчатого вала двигателя, мин^{-1} , при работе одной части цилиндров представлена на рисунке 4.12. Рекомендуемое максимальное значение частоты вращения коленчатого вала двигателя 1500 мин^{-1} [92, 94].



Рисунок 4.12 – Частота вращения коленчатого вала двигателя при работе одной половины цилиндров, мин^{-1}

Степень приработки двигателей $\Delta = n_{\text{мах. исп}} \text{ при } n_{\text{мах. эт.}} = 1500 \text{ мин}^{-1}$ представлена на рисунке 4.13. Рекомендуемое значение $\Delta > 0,85$ [92, 94].

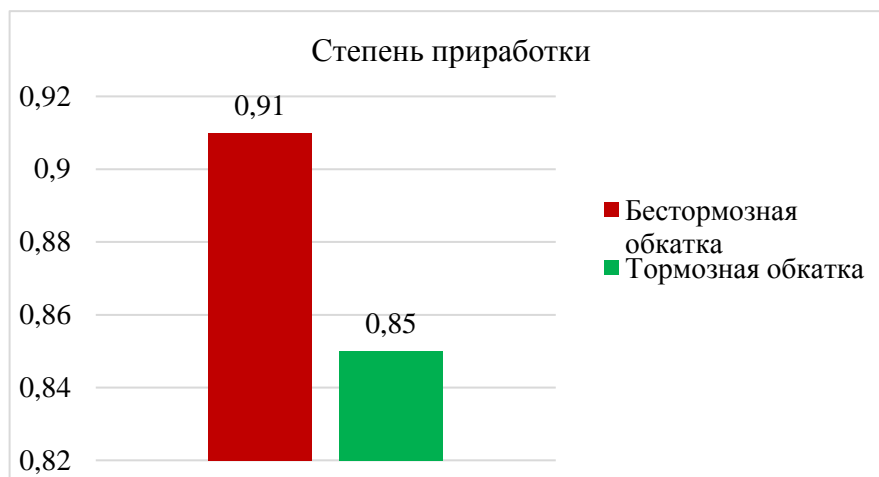


Рисунок 4.13 – Степень приработки двигателей

Равномерность и устойчивость работы цилиндров двигателя, мин^{-1} , с попеременным отключением каждого цилиндра представлена на рисунке 4.14. Рекомендуемое значение до 35 мин^{-1} [92, 94].

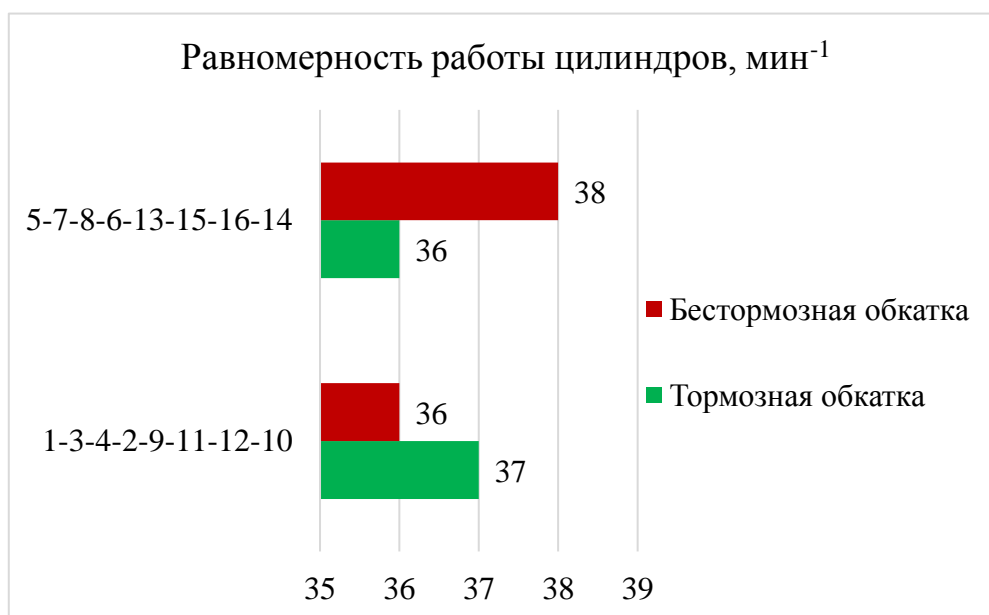


Рисунок 4.14 – Равномерность и устойчивость работы цилиндров двигателя, мин^{-1}

Уплотняющая способность гильзо-поршневой группы, %, представлена на рисунке 4.15. Рекомендуемое значение до 20% [92, 94].



Рисунок 4.15 – Уплотняющая способность гильзо-поршневой группы, %

Крутящий момент для проворачивания коленчатого вала двигателя в сборе, Н·м, перед процессом его обкатки и после представлен на рисунке 4.16 [92, 94].

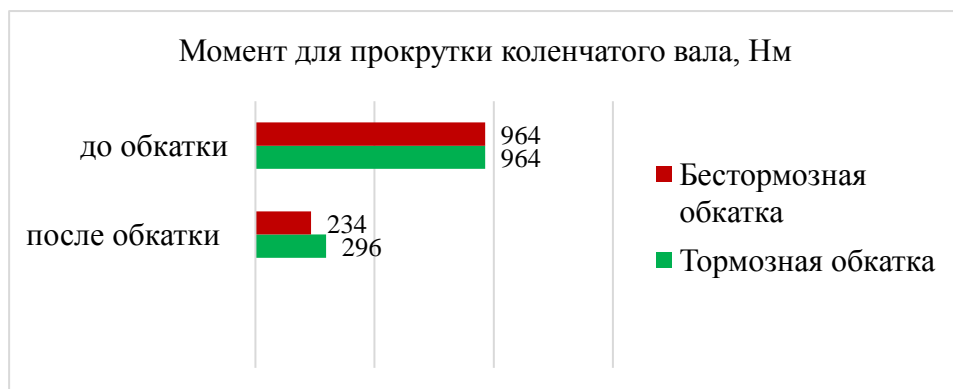


Рисунок 4.16 – Крутящий момент для проворачивания коленчатого вала двигателя в сборе перед процессом его обкатки и после, Н·м

На рисунках 4.17-4.20 отображены результаты экспериментальных исследований оценки прирабатываемости рабочих поверхностей деталей двигателей MTU DD16V4000 БЕЛАЗов-75309 [92, 94].

На рисунке 4.17 указаны исходные значения величины шероховатости рабочих поверхностей гильз цилиндров, шатунных шеек коленчатого вала, шатунных вкладышей подшипников коленчатого вала до обкатки [92, 94].

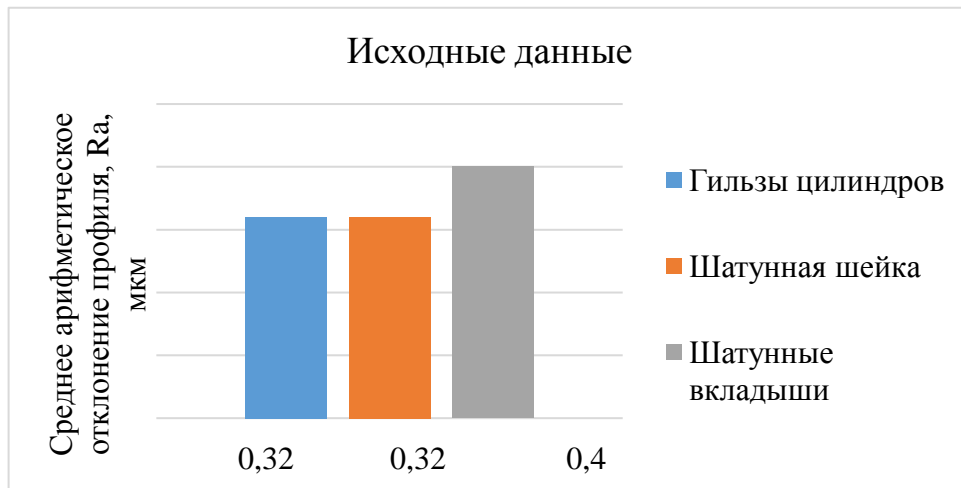


Рисунок 4.17 – Исходные данные шероховатости поверхностей деталей

На рисунке 4.18 указаны значения величины шероховатости рабочих поверхностей гильз цилиндров, шатунной шейки коленчатого вала, шатунных вкладышей подшипников коленчатого вала после обкатки тормозным способом [92, 94].

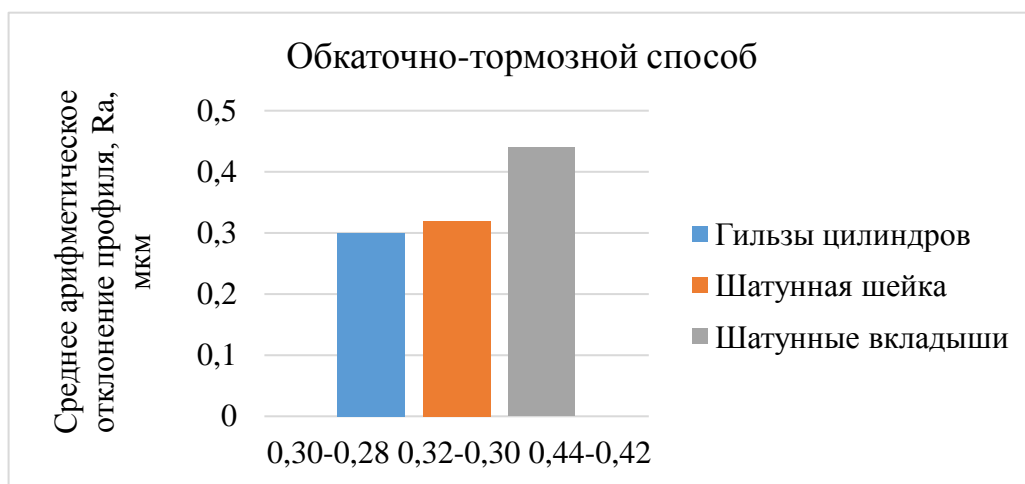


Рисунок 4.18 – Шероховатость рабочих поверхностей деталей двигателя после тормозной обкатки

На рисунке 4.19 указаны значения величины шероховатости рабочих поверхностей гильз цилиндров, шатунной шейки коленчатого вала, шатунных вкладышей подшипников коленчатого вала после обкатки бестормозным способом с выключением части цилиндров [92, 94].

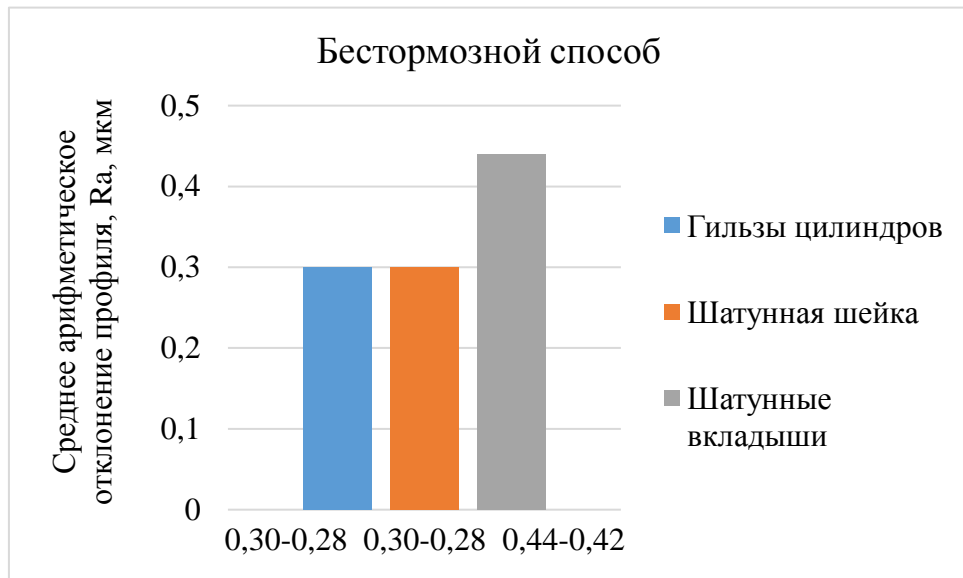


Рисунок 4.19 – Шероховатость рабочих поверхностей деталей двигателя после бестормозной обкатки

На рисунке 4.20 указаны значения величины шероховатости рабочих поверхностей гильз цилиндров, шатунной шейки коленчатого вала, шатунных вкладышей подшипников коленчатого вала после длительной эксплуатации [92, 94].

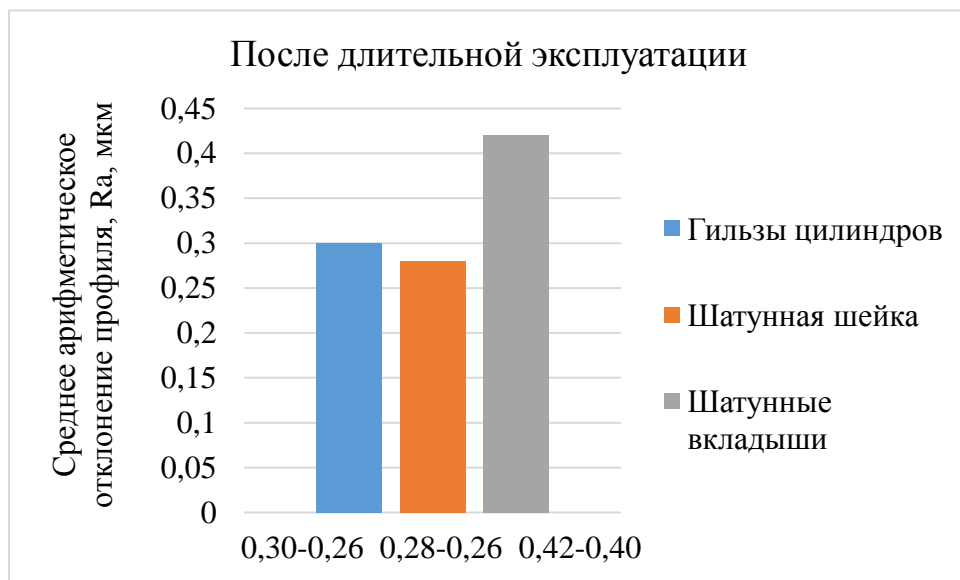


Рисунок 4.20 – Шероховатость рабочих поверхностей деталей двигателя после длительной эксплуатации

В результате проведенного экспериментального исследования установлено, что приработка обкаточно-тормозным способом и бестормозным способом отличается на величину в пределах погрешности.

4.5 Выводы по главе

1. Выявлено, что основными направлениями для совершенствования существующих режимов ремонта двигателей следует считать применение бестормозного способа нагружения при обкатке двигателя, возможность контроля и корректировки режимов обкатки и применение обкатки после ремонта двигателей MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309.

2. Установлены показатели по средним значениям исследуемых моделей двигателей. Выявлено, что максимальная частота вращения коленчатого вала при бестормозном способе на 80-85 мин⁻¹ выше, чем при обкаточно-тормозном, а степень приработки двигателя при бестормозном способе составляет $\Delta=0,91$, что выше, чем при обкаточно-тормозном $\Delta=0,85$;

3. Обосновано, что ремонт двигателей заменой изношенных деталей восстановленными, улучшает показатели эффективности приработки при бестормозном способе обкатки с исключением части цилиндров.

4. Установлено, что применение разработанных режимов бестормозной обкатки двигателя повышает его ресурс в среднем на 19,3% по сравнению с двигателями не прошедших обкатку.

ГЛАВА 5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО РЕЖИМА РЕМОНТА ДВИГАТЕЛЕЙ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ

5.1 Определение затрат при внедрении рационального режима ремонта двигателей карьерных самосвалов

Определение ресурса отдельных деталей двигателя, обоснование номенклатуры деталей (приложение Е), подлежащих замене и т.д., сопровождается выполнением технико-экономических расчётов, подтверждающих экономическую целесообразность замены поврежденных и изношенных деталей восстановленными, а также реализацией разработок по совершенствованию режимов ремонта двигателя карьерных автомобилей в практику работы карьерного автомобильного транспорта.

Расчет определения затрат на ремонт для повышения эффективности карьерных самосвалов проводится по формулам (3.8) и (3.11). Для расчета использовались данные, указанные ниже.

Для расчета расходов на заработную плату C_1 (формула (3.3)) необходимо учитывать коэффициент изменения трудоемкости в зависимости от типа ремонтного предприятия: $\alpha_1=1$ ($\eta_1=1$) для предприятия ТО и Р, часовую ставку труда рабочего $d=198$ руб. и отчисления на социальные нужды α_2 .

Для определения накладных расходов необходимо воспользоваться формулой (3.4) и принять процент накладных расходов от основной заработной платы рабочих для транспортного цеха $\alpha_3=1\%$, для авторемонтного предприятия $\alpha_3=1,6\%$.

Затраты на запасные части определяются их стоимостью по действующему прейскуранту (формула (3.5)).

Потери от продолжительности простоев определяются по формуле (3.6). При сдаче двигателя в ремонт на самосвале может быть установлен резервный

двигатель, тогда следует учитывать в формуле коэффициент, согласно исследованиям, $k_{рез}=0,4$ руб. Прибыль, приносимая автомобилем в единицу времени, составляет $\alpha_4=1248,35$ руб./ч. Среднее время продолжительности простоя в технических обслуживаниях с учетом времени транспортировки на авторемонтное предприятие составляет $\tau_{ик}=5$ дней. БЕЛАЗ-75309 в среднем работает 16 ч. [24, 100].

Потери от продолжительности простоев составляют:

$$C'_4 = 0,4 \cdot 5 \cdot 16 \cdot 1248,35 = 39947,2 \text{ руб.}$$

Общие потери по причине простоя двигателя в ремонте составляют:

$$C_4=16 \cdot 1248,35 \cdot 0,4 \cdot 39947,2=47936,64 \text{ руб.}$$

Величина затрат на транспортировку двигателя при проведении технического обслуживания на авторемонтном заводе определяется по формуле (3.7). Потери на перевозку с транспортного цеха ГОКа до автотранспортного предприятия и обратно составляют 2676,3 руб., в случае $l_p < 300$ км. Тариф на перевозку, α_5 определяется по километровым расчетом из тарифа на перевозку грузов.

Расчет затрат на плановый ремонт проводится по формуле (3.11). Трудоемкость на 1000 км пробега автомобиля БЕЛАЗ-75309 равна 24,95 чел.-ч/1000 км. Заработная плата рабочего составляет 198 руб. за час. Накладные расходы составляют 108 руб. Доля планового ремонта в отношении общей трудоемкости составляет 25%.

Норма затрат на плановой ремонт на 1000 км пробега составляет:

$$h=0,25 \cdot (198+108)=76,5 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на ПР в зависимости от типа ремонтного предприятия в расчете приняты: для предприятия ТО и Р $\eta_1 = 1$, т.к. трудоемкость на плановый ремонт принята для транспортного цеха; для авторемонтного предприятия $\eta_2=0,9$. Уровень технической оснащённости на авторемонтном предприятии выше, чем в транспортном цеху ГОКа.

Коэффициент, учитывающий наработку, составляет для гильзо-поршневой группы $\eta_2 = 1$; для коленчатого вала $\eta_2 = 1,37$; для шатунных вкладышей $\eta_2 = 1,27$; для ГБЦ $\eta_2 = 1,82$.

В таблицах 5.1 и 5.2 приведены результаты расчетов расхода на замену деталей до капитального ремонта.

Итоговая трудоемкость за амортизационный срок службы двигателя, как при существующем, так и при рациональном режиме ремонта устанавливается из всех трудоемкостей ремонта.

Расчет экономической эффективности при внедрении рационального режима ремонта двигателя показал, что выполнение замены, подверженных максимальному износу, деталей двигателя восстановленными, целесообразнее проводить на предприятиях ТО и Р, а капитальный ремонт целесообразнее проводить в условиях авторемонтного завода. При проведении ремонта с помощью предложенной структуры и периодичности с применением восстановленных деталей количество капитальных ремонтов, трудоемкость и затраты, связанные с их выполнением, уменьшаются в 2,5-3 раза, что отображено в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Оценка экономической эффективности

Наименование детали	Ресурс, тыс. км	Трудоемкость замены деталей чел.ч	Стоимость, тыс. руб.	
			восстановленной детали	новой детали
Гильзы цилиндров	22,5	36,23	266,17	1091,32
Поршни в сборе	22,7	20,7	2220,1	
Коленчатый вал	30,7	14,95	1189,4	4870
Шатунные вкладыши	28,5	10,35	207	
ГБЦ	41	8,8	1065,9	4284
Клапаны	41,7	10,35	539,5	
Шатун	42,2	20,7	208	
Распределительный вал	43,2	-	1345,1	4830,1
Блок цилиндров	42,7	38,5	1453,2	7 599
Итого:		80,67	8494,37	45830,02

Таблица 5.1 - Характеристика затрат при заменах деталей двигателя в АО «Лебединский ГОК»

Наименование групп деталей	Пробег, на котором планируется замена, тыс. моточасов	Трудоемкость замены t, чел.-ч	Затраты на замену, тыс. руб.					Затраты на ТО с заменой деталей S ₁ , тыс. руб.	Затраты на плановый ремонт S ₂ , тыс. руб.	Общие затраты S*, тыс. руб.
			Заработная плата С ₁ , тыс. руб.	Накладные расходы С ₂ , тыс. руб.	Стоимость запасных частей С ₃ , тыс. руб.	Потери прибыли С ₄ , тыс. руб.	Расходы на транспортировку С ₅ , тыс. руб.			
Гильзо-поршневая группа	22,5	41,4	5421,3	4471,2	29677	39947,2	0	79516,7	2258,2	81774,9
Вал коленчатый с шатунными вкладышами	30,7	16,1	2108,3	2556,3	18871	15535	0	39070,6	1677,5	40748,1
Головка блока цилиндров в сборе	40,5	10,35	1355,3	1643,3	7640	9986,7	0	20625,3	3226	23851,3
ИТОГО	-	67,85	8884,9	8670,8	56188	65468,9	0	139212,6	7161,7	146374,3
Капитальный ремонт	40,5	240	-	-	-	-	0	-	-	190000

Таблица 5.2 - Характеристика затрат при заменах деталей двигателя в АО "Белгородский завод горного машиностроения"

Наименование групп деталей	Пробег, на котором планируется замена, тыс. моточасов	Трудоемкость замены t, чел.-ч	Затраты на замену, тыс. руб.					Затраты на ТО с заменой деталей S ₁ , тыс. руб.	Затраты на плановый ремонт S ₂ , тыс. руб.	Общие затраты S*, тыс. руб.
			Заработная плата С ₁ , тыс. руб.	Накладные расходы С ₂ , тыс. руб.	Стоимость запасных частей С ₃ , тыс. руб.	Потери прибыли С ₄ , тыс. руб.	Расходы на транспортировку С ₅ , тыс. руб.			
Гильзо-поршневая группа	22,5	41,4	5421,3	8716,6	29677	159788,8	2676,3	206280	1693,6	207973,6
Вал коленчатый с шатунными вкладышами	30,7	16,1	2108,3	3380,7	18871	62140	2676,3	89176,3	1258,1	90434,4
Головка блока цилиндров в сборе	40,5	10,35	1355,3	2113	7640	39946,8	2676,3	53731,4	2419,5	56150,9
ИТОГО	-	67,85	8884,9	14210,3	56188	261875,6	8028,9	349187,7	5371,2	354558,9
Капитальный ремонт	40,5	240	-	-	-	-	-	-	-	226600

5.2 Определение экономического эффекта от внедрения рационального режима ремонта

Ресурс двигателя MTU DD 16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 с применением рационального режима ремонта увеличивается и составляет 73,25 тыс. моточасов.

Ресурс двигателя MTU DD 16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 согласно рекомендациям завода-изготовителя, составляет 30 тыс. моточасов. Далее предполагается списание ДВС или проведение капитального ремонта. Для того, чтобы двигатель наработал 73,25 тыс. моточасов необходимо проведение 2х КР в соответствии с установленным ресурсом заводом-изготовителем.

Появляется необходимость в сравнительном анализе суммарных затрат на проведение ремонта ДВС за один и тот же временной интервал наработки. Результаты сравнительного анализа суммарных затрат на ремонт ДВС при использовании рационального режима ремонта ДВС с увеличением ресурса до 73,25 тыс. моточасов и рекомендациями завода-изготовителя (проведение 2х капитальных ремонтов ДВС) для достижения этой же наработки позволят определить экономический эффект от внедряемого рационального режима ремонта в сравнении с существующими режимами ремонта. Эффективность рационального режима ремонта позволит увеличить ресурс двигателя, снизить материальные затраты на проведение ремонта, а также уменьшить простои карьерных самосвалов в ремонте.

Суммарные затраты на проведение ремонта карьерного самосвала определяются в соответствии с коэффициентом увеличения ресурса двигателя при внедрении рационального режима ремонта с применением предлагаемой структуры и периодичности его проведения и замене изношенных деталей восстановленными.

Коэффициент увеличения ресурса двигателя при внедрении рационального режима ремонта определяется по формуле:

$$K_p = \frac{P_p}{P_3}, \quad (5.1)$$

где P_p – максимальный ресурс двигателя при использовании рационального режима ремонта, тыс. моточасов;

P_3 - максимальный ресурс двигателя согласно рекомендациям завода-изготовителя, тыс. моточасов.

$$K_p = \frac{73,25}{30} = 2,4417$$

При внедрении рационального режима ремонта ДВС ресурс двигателя MTU DD 16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 будет увеличен более чем в 2,4 раза в сравнении с ресурсом, рекомендованным заводом-изготовителем.

При определении общих затрат на проведение ремонта при существующем режиме ремонта ДВС и предлагаемом рациональном режиме ремонта не учитывается стоимость работ, т.к. стоимость 1 нормо-часа проведения работ ничтожна мала по сравнению со стоимостью новых и восстановленных деталей двигателя, поэтому ею можно пренебречь.

Для определения наиболее экономически эффективного способа ремонта двигателя карьерных самосвалов необходимо провести анализ существующих режимов ремонта ДВС и предлагаемых. Рассматриваются 4 способа ремонта, представленные в таблице 5.4.

Таблица 5.4 - Виды ремонта

№ способа	Вид ремонта	Обозначение
1	Существующий режим ремонта с проведением КР при временном интервале наработки равном 73,25 тыс. моточасов	КР+КР
2	Существующий режим ремонта с заменой ДВС новым при временном интервале наработки равном 73,25 тыс. моточасов	С/у+С/у
3	Рациональный режим ремонта с учетом возникновения простоев карьерных автомобилей в ремонте	ПР+ПР+КР+ПР+ПР (простои)
4	Рациональный режим ремонта с учетом замены двигателя резервным исправным двигателем из оборотного фонда	ПР+ПР+КР+ПР+ПР (резерв)

Способ 1

Суммарные затраты на проведение 2-х капитальных ремонтов ДВС согласно рекомендациям завода-изготовителя при существующем режиме ремонта при временном интервале наработки, равном 73,25 тыс. моточасов, тыс. руб., определяются по формуле:

$$Z_{\text{общ1}} = C_{\text{кр2}} \cdot K_p, \quad (5.2)$$

где $C_{\text{кр1}}$ – стоимость капитального ремонта двигателя при существующем режиме ремонта, тыс. руб.

$$Z_{\text{общ1}} = 45830,02 \cdot 2,4417 = 111901,63 \text{ тыс. руб.}$$

Способ 2

Суммарные затраты на замену ДВС новым согласно рекомендациям завода-изготовителя при существующем режиме ремонта при временном интервале наработки, равном 73,25 тыс. моточасов, тыс. руб., определяются по формуле:

$$Z_{\text{общ2}} = C_{\text{кр2}} \cdot K_p, \quad (5.3)$$

где $C_{\text{кр2}}$ – стоимость замены нового двигателя при существующем режиме ремонта, тыс. руб.

$$Z_{\text{общ2}} = 25643 \cdot 2,4417 = 62611,66 \text{ тыс. руб.}$$

Способ 3

Суммарные затраты на проведение плановых и капитальных ремонтов ДВС при использовании рационального режима ремонта с учетом простоев самосвала в ремонте, тыс. руб., определяется по формуле:

$$Z_{\text{общ3}} = \sum C_{\text{ПР}} + C_{\text{кр1}}, \quad (5.4)$$

где $C_{\text{ПР}}$ – стоимость планового ремонта при использовании рационального режима ремонта с учетом простоев, тыс. руб.;

$C_{\text{кр3}}$ - стоимость капитального ремонта двигателя при использовании рационального режима ремонта с учетом простоев, тыс. руб.

$$Z_{\text{общ3}} = 42875,72 \text{ тыс. руб.}$$

Способ 4

Суммарные затраты на проведение плановых и капитальных ремонтов ДВС при использовании рационального режима ремонта с учетом замены двигателя резервным, тыс. руб., определяется по формуле:

$$Z_{\text{общ4}} = \sum C_{\text{ПР}} + C_{\text{кр4}}, \quad (5.5)$$

где $C_{\text{ПР}}$ – стоимость планового ремонта при использовании рационального режима ремонта с учетом замены двигателя резервным, тыс. руб.;

$C_{\text{кр4}}$ – стоимость капитального ремонта двигателя при использовании рационального режима ремонта с учетом замены двигателя резервным, тыс. руб.

$$Z_{\text{общ4}} = 42875,72 \text{ тыс. руб.}$$

Результаты расчетов общих затрат на ремонт ДВС при рациональных режимах ремонта и существующих режимах ремонта представлены в таблицах 5.5-5.8.

Таблица 5.5 – Стоимость ремонта при способе 1

Ремонт в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя			
Вид ремонта	Наработка, тыс. моточасов на момент ремонта	Затраты времени (простои), ч	Стоимость ЗЧ, тыс. руб.
КР	30	240	45830,02
КР	60	240	45830,02
ИТОГО:		480	91660,04
	73,25	586	111901,63

Таблица 5.6 – Стоимость ремонта при способе 2

Замена в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя			
Вид ремонта	Наработка, тыс. моточасов на момент ремонта	Затраты времени (простои), ч	Стоимость нового ДВС, тыс. руб.
С/у ДВС	30	10	25643
С/у ДВС	60	10	25643
ИТОГО:		20	51286
	73,25	24,417	62612,51

В таблице 5.7 отображена общая стоимость ремонта при внедрении рационального режима ремонта с учетом временных затрат и простоев в ремонте.

Таблица 5.7 – Стоимость ремонта ДВС при способе 3

Рациональный режим ремонта ДВС с учетом простоев				
Вид ремонта	Наименование операции	Наработка, тыс. моточасов на момент ремонта	Затраты времени (простои), ч	Стоимость ЗЧ, тыс. руб.
ПР	Гильзы цилиндров – замена восстановленными	22,5	41,4	266,17
	Поршни в сборе – замена новыми			2220,1
	Шатунные вкладыши – замена новыми			207
ПР	Коленчатый вал – замена восстановленным	30,75	16,1	1189,4
	Шатунные вкладыши – замена новыми			207
	Коренные вкладыши – замена новыми			461,62
КР	Блок цилиндров, распределительный вал, ГБЦ – замена восстановленными	40,5	47,3	1453,2 1345,1
	Клапаны, шатуны, гильзы цилиндров, поршни в сборе, шатунные вкладыши – замена новыми			539,5 208 1091,32 2220,1 207
ПР	Коленчатый вал – замена восстановленным (новым)	55,25	16,1	1189,4
	шатунные вкладыши – замена новыми			207
	Коренные вкладыши – замена новыми			461,62
ПР	Гильзы цилиндров – замена восстановленными	63,0	41,4	266,17
	Поршни в сборе – замена новыми			2220,1
	Шатунные вкладыши – замена новыми			207
	Списание ДВС	73,25	10	25643
ИТОГО:			172,3	42875,72

В таблице 5.8 отображена общая стоимость ремонта при рациональном режиме ремонта без простоев двигателя в ремонте.

Таблица 5.8 – Стоимость ремонта ДВС при способе 4

Рациональный режим ремонта с учетом замены ДВС резервным				
Вид ремонта	Наименование операции	Наработка, тыс. моточасов на момент ремонта	Затраты времени (простой), ч	Стоимость ЗЧ, тыс. руб.
ПР	Гильзы цилиндров – замена восстановленными	22,5	10	266,17
	Поршни в сборе – замена новыми			2220,1
	Шатунные вкладыши – замена новыми			207
ПР	Коленчатый вал – замена восстановленным	30,75	10	1189,4
	Шатунные вкладыши – замена новыми			207
	Коренные вкладыши – замена новыми			461,62
КР	Блок цилиндров, распределительный вал, ГБЦ – замена восстановленными	40,5	10	1453,2 1345,1
	Клапаны, шатуны, гильзы цилиндров, поршни в сборе, шатунные вкладыши – замена новыми			539,5 208 1091,32 2220,1 207
ПР	Коленчатый вал – замена восстановленным (новым)	55,25	10	1189,4
	шатунные вкладыши – замена новыми			207
	Коренные вкладыши – замена новыми			461,62
ПР	Гильзы цилиндров – замена восстановленными	63,0	10	266,17
	Поршни в сборе – замена новыми			2220,1
	Шатунные вкладыши – замена новыми			207
	Списание ДВС	73,25	10	25643
ИТОГО:			60	42875,72

При проведении ремонта двигатель заменяется резервным. В оборотном фонде транспортного цеха горно-обогатительного комбината имеется один резервный двигатель, который устанавливается на карьерный самосвал взамен двигателя с повреждёнными или изношенными деталями. Далее самосвал с восстановленной работоспособностью возвращается на линию, а на двигателе с поврежденными или изношенными деталями на предприятии ТО и Р в условиях ГОКа выполняется ремонт – замена деталей восстановленными или новыми.

Способ 1

Экономический эффект от внедрения рационального режима ремонта ДВС карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 с учетом предлагаемой структуры и периодичности его проведения при замене двигателя с повреждёнными и изношенными деталями резервным двигателем определяется разницей суммарных затрат на ремонт ДВС при существующем режиме ремонта, способе 1, при временном интервале наработки, равном 73,25 тыс. моточасов и суммарных затрат на проведение ремонта при внедрении рационального режима ремонта ДВС с заменой резервным при таком же временном интервале наработки, способе 4, тыс. руб., и определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_1 = \mathcal{Z}_{\text{общ}1} - \mathcal{Z}_{\text{общ}4}; \quad (5.6)$$

$$\mathcal{E}_1 = 111901,63 - 42875,72 = 69025,91 \text{ тыс. руб.}$$

Экономический эффект приведенный к 1-му моточасу работы, тыс. руб., определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{1\text{ч}} = \frac{\mathcal{E}_1}{P_p}; \quad (5.7)$$

$$\mathcal{E}_{1\text{ч}} = \frac{69025,91}{7325} = 942,3 \text{ руб/ч.}$$

Способ 2

Экономический эффект от внедрения рационального режима ремонта ДВС карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 с учетом предлагаемой структуры и периодичности его проведения при замене двигателя с повреждёнными и изношенными деталями резервным двигателем определяется разницей

суммарных затрат на замену ДВС новым при временном интервале наработки, равном 73,25 тыс. моточасов, способе 2, и суммарных затрат на проведение ремонта при внедрении рационального режима ремонта ДВС с заменой резервным при таком же временном интервале наработки, способе 4, тыс. руб., и определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_2 = \mathcal{Z}_{\text{общ}2} - \mathcal{Z}_{\text{общ}4}; \quad (5.8)$$

$$\mathcal{E}_2 = 62612,51 - 42875,72 = 19736,79 \text{ тыс. руб.}$$

Экономический эффект приведенный к 1-ому моточасу работы, тыс. руб., определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{2\text{ч}} = \frac{\mathcal{E}_2}{P_p}; \quad (5.9)$$

$$\mathcal{E}_{2\text{ч}} = \frac{1973679}{7325} = 269,44 \text{ руб/ч.}$$

Способ 3

Экономический эффект от внедрения рационального режима ремонта ДВС карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 с учетом предлагаемой структуры и периодичности его проведения при замене двигателя с повреждёнными и изношенными деталями резервным двигателем определяется разницей суммарных затрат на проведение ремонта при внедрении рационального режима ремонта ДВС с учетом простоев, при временном интервале наработки равном 73,25 тыс. моточасов, способе 3, и суммарных затрат на проведение ремонта при внедрении рационального режима ремонта ДВС с заменой резервным при таком же временном интервале наработки, способе 4, тыс. руб., и определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_3 = \mathcal{Z}_{\text{общ}3} - \mathcal{Z}_{\text{общ}4}; \quad (5.10)$$

$$\mathcal{E}_3 = 42875,72 - 42875,72 = 0 \text{ тыс. руб.}$$

Стоимость запасных частей при способах 3 и 4 одинаковой. Экономический эффект достигается в снижении временных затрат на ремонт, снижении продолжительности простоев карьерных самосвалов в ремонте.

Для оценки экономического эффекта за счет уменьшения времени простоев от внедрения рационального режима ремонта ДВС с заменой двигателя с повреждёнными и изношенными деталями резервным двигателем необходимо провести оценку количества простоев, приведенных к наработке 73,25 тыс. моточасов.

Способ 1

При существующем режиме ремонта ДВС с проведением КР простои карьерного самосвала, ч, определяются по формуле:

$$T_1 = \sum T_{1i}; \quad (5.11)$$

$$T_1 = 240 \cdot 2,4417 = 586 \text{ ч.}$$

Способ 2

При замене ДВС новым простои карьерного самосвала, ч, определяются по формуле:

$$T_2 = \sum T_{2i}; \quad (5.12)$$

$$T_2 = 10 \cdot 2,4417 = 24,42 \text{ ч.}$$

Способ 3

При рациональном режиме ремонта ДВС простои карьерного самосвала, ч, определяются по формуле:

$$T_3 = \sum T_{3i}; \quad (5.13)$$

$$T_3 = 41,4 + 16,1 + 47,3 + 16,1 + 41,4 + 10 = 172,3 \text{ ч.}$$

Способ 4

При рациональном режиме ремонта ДВС простои карьерного самосвала, ч, определяются по формуле:

$$T_4 = \sum T_{4i}; \quad (5.14)$$

$$T_4 = 10 + 10 + 10 + 10 + 10 + 10 = 60 \text{ ч.}$$

Прибыль, приносимая карьерным самосвалом БЕЛАЗ-75309, за год составляет 572814000 руб./год. Тогда прибыль, приносимая карьерным самосвалом БЕЛАЗ-75309, за день составляет 1878078,69 руб./день при 305 рабочих днях в году. Прибыль, приносимая карьерным самосвалом БЕЛАЗ-

75309, за час работы составляет 117379,918 руб./ч при 16-часовом рабочем дне.

Способ 1

Общий экономический эффект от уменьшения количества простоев двигателя в ремонте при наработке 73,25 тыс. моточасов определяется разницей времени простоев при существующем режиме ремонта (способ 1) и времени простоев при рациональном режиме ремонта (способ 4), умноженной на стоимость часа простоя, тыс. руб., определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{1п} = (T_1 - T_4) \cdot C_{п}, \quad (5.15)$$

где $C_{п}$ - потеря дохода, приносимого карьерным самосвалом, за час работы, руб/ч.

$$\mathcal{E}_{1п} = (586 - 60) \cdot 117380 = 61741,88 \text{ тыс. руб.}$$

Экономический эффект от уменьшения количества простоев двигателя в ремонте, приведенный к 1 часу работы двигателя, тыс. руб., определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{1пч} = \frac{\mathcal{E}_{1п}}{P_p}, \quad (5.16)$$

$$\mathcal{E}_{1пч} = \frac{6174188}{73250} = 84,3 \text{ руб./ч.}$$

Способ 2

Общий экономический эффект от уменьшения количества простоев двигателя при замене на новый при наработке 73,25 тыс. моточасов определяется разницей времени простоев при замене ДВС новым и времени простоев при рациональном режиме ремонта, умноженной на стоимость часа простоя, тыс. руб., определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{2п} = (T_2 - T_4) \cdot C_{п}; \quad (5.17)$$

$$\mathcal{E}_{2п} = (24,42 - 60) \cdot 117380 = -4176,380 \text{ тыс. руб.}$$

Экономический эффект от уменьшения количества простоев двигателя при замене на новый, приведенный к 1 часу работы двигателя, тыс. руб., определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{2\text{пч}} = \frac{\mathcal{E}_{2\text{п}}}{P_p}; \quad (5.18)$$

$$\mathcal{E}_{2\text{пч}} = \frac{-4176380}{73250} = -57,01 \text{ руб./ч.}$$

При замене ДВС новым, общий экономический эффект и приведенный к 1 часу работы от уменьшения количества простоев двигателя в ремонте при наработке 73,25 тыс. моточасов, отрицательный $\mathcal{E}_{2\text{п}} < 0$, т.к. временные затраты на проведение работ по замене ДВС новым меньше, чем при ремонте с использованием рационального режима ремонта с учетом замены двигателя с поврежденными и изношенными деталями резервным ДВС.

Способ 3

Общий экономический эффект от уменьшения количества простоев двигателя рациональном режиме ремонта с учетом простоев ДВС в ремонте при наработке 73,25 тыс. моточасов определяется разницей времени простоев при рациональном режиме ремонта с учетом простоев двигателя в ремонте и времени простоев при рациональном режиме ремонта при замене ДВС новым, умноженной на стоимость часа простоя, тыс. руб., определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{3\text{п}} = (T_3 - T_4) \cdot C_{\text{п}}; \quad (5.19)$$

$$\mathcal{E}_{3\text{п}} = (172,3 - 60) \cdot 117380 = 13181,774 \text{ тыс. руб.}$$

Экономический эффект от уменьшения количества простоев двигателя при замене на новый, приведенный к 1 часу работы двигателя, тыс. руб., определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{3\text{пч}} = \frac{\mathcal{E}_{3\text{п}}}{P_p}; \quad (5.20)$$

$$\mathcal{E}_{3\text{пч}} = \frac{13181774}{73250} = 179,9 \text{ руб./ч.}$$

Способ 1

Общий интегральный экономический эффект при эксплуатации одного двигателя MTU DD 16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 до завершения ресурса (при наработке 73,25 тыс. моточасов.) определяется суммой экономического эффекта от экономии средств на покупку запасных

частей и экономического эффекта от уменьшения количества простоев двигателя в ремонте, тыс. руб., определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{1и} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_{1п}; \quad (5.21)$$

$$\mathcal{E}_{1и} = 69025,91 + 61741,88 = 130767,79 \text{ тыс. руб.}$$

Интегральный экономический эффект при эксплуатации одного двигателя, приведенный к 1-му моточасу работы двигателя, определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{1ич} = \frac{\mathcal{E}_{1и}}{P_p}; \quad (5.22)$$

$$\mathcal{E}_{1ич} = \frac{130767,79}{73250} = 1785,22 \text{ руб./ч};$$

$$\mathcal{E}_{1иг} = 1785,22 \cdot 16 \cdot 305 = 8711,87 \text{ тыс. руб./год.}$$

Способ 2

Общий интегральный экономический эффект при эксплуатации одного двигателя MTU DD 16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 до завершения ресурса (при наработке 73,25 тыс. моточасов.) определяется суммой экономического эффекта от экономии средств на покупку нового ДВС и экономического эффекта от уменьшения количества простоев двигателя при снятии и установки новым, тыс. руб., определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{2и} = \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_{2п}; \quad (5.23)$$

$$\mathcal{E}_{2и} = 19736,79 + (-4176,380) = 15560,41 \text{ тыс. руб.}$$

Интегральный экономический эффект при эксплуатации одного двигателя, приведенный к 1-му моточасу работы двигателя, определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{2ич} = \frac{\mathcal{E}_{2и}}{P_p}; \quad (5.24)$$

$$\mathcal{E}_{2ич} = \frac{15560,41}{73250} = 212,4 \text{ руб./ч};$$

$$\mathcal{E}_{2иг} = 212,4 \cdot 16 \cdot 305 = 1036,6 \text{ тыс. руб./год.}$$

Способ 3

Общий интегральный экономический эффект при эксплуатации одного двигателя MTU DD 16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 до

завершения ресурса (при наработке 73,25 тыс. моточасов.) определяется суммой экономического эффекта от экономии средств на покупку запасных частей и экономического эффекта от уменьшения количества простоев двигателя в ремонте при рациональном режиме ремонта ДВС, тыс. руб., определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{зи}} = \mathcal{E}_{\text{з}} + \mathcal{E}_{\text{зп}}; \quad (5.25)$$

$$\mathcal{E}_{\text{зи}} = 0 + 13181,774 = 13181,774 \text{ тыс. руб.}$$

Интегральный экономический эффект при эксплуатации одного двигателя, приведенный к 1-му моточасу работы двигателя, определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{зич}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{зи}}}{P_p}; \quad (5.26)$$

$$\mathcal{E}_{\text{зич}} = \frac{13181,774}{73250} = 179,9 \text{ руб./ч};$$

$$\mathcal{E}_{\text{зиг}} = 179,9 \cdot 16 \cdot 305 = 877,9 \text{ тыс. руб./год.}$$

С учетом того, что у исследуемого двигателя стоимость более 25 млн. руб. и она растет, ресурс до капитального ремонта до 30 000 моточасов, а стоимость основных новых запасных частей для капитального ремонта доходит до 50 млн. руб., то применение предлагаемого рационального режима ремонта с установкой резервного двигателя из оборотного фонда взамен ремонтируемого, позволяет сократить простои в ремонте и является единственным экономически выгодным решением в сравнении с другими рассмотренными способами ремонта: проведение капитальных ремонтов на авторемонтном предприятии согласно рекомендациям завода-изготовителя; проведение замены двигателя новым согласно рекомендациям завода-изготовителя; проведение ремонта с использованием рационального режима ремонта с возникающими простоями из-за ремонта в случае отсутствия подменного агрегата.

5.3 Техничко-эксплуатационные показатели карьерных самосвалов Лебединского ГОКа

5.3.1 Коэффициент технической готовности

В результате исследований технико-эксплуатационных показателей карьерных самосвалов Лебединского ГОКа установлено, что исследуемый парк автомобилей состоит из 25 автомобилей БЕЛАЗ-75309, из них количество исправных – 20, а автомобилей, находящихся в эксплуатации – 19. На основании этого определяются коэффициенты технической готовности и выпуска подвижного состава на линию, которые определяют техническое состояние карьерного транспорта и возможность его использования для работы в горно-обогатительном комбинате.

Коэффициент технической готовности карьерных самосвалов определяется отношением количества автомобиле-дней исправных автомобилей к автомобиле-дням списочных автомобилей в горно-обогатительном комбинате.

$$K_{\text{ТГ}} = \frac{A_{\text{Д}_и}}{A_{\text{Д}_с}}, \quad (5.27)$$

где $A_{\text{Д}_и}$ - количество автомобиле-дней исправных автомобилей;

$A_{\text{Д}_с}$ — количество автомобиле-дней списочных автомобилей.

Количество автомобиле-дней списочных автомобилей определяется суммой количества дней исправных автомобилей, количества дней простоев по причине ремонта двигателя и дней простоев по причинам, не связанным с ремонтом двигателей

Величина $K_{\text{ТГ}}$ зависит от простоев в техническом обслуживании и ремонте карьерных самосвалов. Причины возникновения простоев могут быть различны, например, задержки в поставках ЗЧ, неэффективная организация системы ТО и Р и т.д.

На коэффициент технической готовности оказывают влияние условия эксплуатации, изменение количества автомобилей в парке, сверхплановые простои, изменение величины межремонтной наработки и т.д.

Принимая во внимание, что карьерные самосвалы работают в две смены по 8 часов каждый, один машино-день равен 16-ти часам работы самосвала, то:

- при использовании существующего режима ремонта ДВС:

$АД_{и} = 229$ дней;

$АД_{с} = 305$ дней.

$$K_{тг} = \frac{229}{305} = 0,75$$

- при использовании рационального режима ремонта ДВС:

$АД_{и} = 275$ дней;

$АД_{с} = 305$ дней.

$$K_{тг} = \frac{275}{305} = 0,9$$

Внедрение рационального режима ремонта позволяет увеличить коэффициент технической готовности карьерных самосвалов на исследуемом горно-обогатительном комбинате на 20%.

5.3.2 Коэффициент использования парка

Коэффициент использования парка (выпуска подвижного состава на линию) позволяет определить степень использования карьерных самосвалов на горно-обогатительном комбинате. Число выпуска карьерных самосвалов на линию может отличаться от общего числа автомобилей в парке по причине простоев в ремонте, отсутствия водителей, выходных и праздничных дней и др.

Коэффициент использования парка (выпуска подвижного состава на линию) определяется отношением автомобиле-дней нахождения карьерных

автомобилей в эксплуатации (в работе) к автомобиле-дням списочного состава:

$$K_{\text{ип}} = \frac{A_{\text{Дэ}}}{A_{\text{Дс}}}, \quad (5.28)$$

где $A_{\text{Дэ}}$ - автомобиле-дни нахождения автомобилей в эксплуатации (в работе);

$A_{\text{Дс}}$ –автомобиле-дни списочных автомобилей.

Коэффициент выпуска подвижного состава на линию может быть одинаковым с коэффициентом технической готовности парка или ниже его, в случае, когда на линию по разным причинам не выходит 100% парка исправных автомобилей (причины, не зависящие от технического состояния парка машин).

По данным, предоставленным от ЛГОКа, (эксплуатация двигателя при существующем режиме ремонта с проведением КР двигателя каждые 30 000 моточасов) показатель составляет $K_{\text{ип}}=0,69$.

Тогда:

- при использовании существующего режима ремонта ДВС:

$A_{\text{Дэ}}=210$ дней.

$$K_{\text{ип}} = \frac{210}{305} = 0,69$$

- при использовании рационального режима ремонта ДВС:

$A_{\text{Дэ}}=265$ дней;

$$K_{\text{тг}} = \frac{265}{305} = 0,87$$

Для того, чтобы коэффициент использования парка был равен коэффициенту технической готовности парка необходимо снижение числа простоев исправных автомобилей.

В таблице 5.9 представлены технико-эксплуатационные показатели карьерных самосвалов БЕЛАЗ-75309 для Лебединского ГОКа.

Таблица 5.9 – Техничко-эксплуатационные показатели карьерных самосвалов БЕЛАЗ-75309

Показатели	Факт. значение	Значение после предлагаемого совершенствования режимов ремонта ДВС
Коэфф. использ. парка (выпуска на линию)	0,69	0,87
Коэфф. технич. готовности	0,75	0,9

Внедрение рационального режима ремонта позволяет увеличить коэффициент выпуска подвижного состава на линию на исследуемом горно-обогатительном комбинате на 26%, а коэффициент технической готовности на 20%.

5.4 Выводы по главе

1. Установлено, что при внедрении рационального режима ремонта двигателей MTU DD 16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 с наличием резервируемого двигателя из оборотного фонда количество капитальных ремонтов, трудоемкость и затраты, связанные с их выполнением, уменьшаются более чем в 2 раза.

2. Расчет определения общих затрат на ремонт показал, что при внедрении рационального режима ремонта двигателей карьерных автомобилей с наличием резервируемого двигателя из оборотного фонда, выполнение замены изношенных деталей двигателя восстановленными, целесообразнее проводить в транспортном цеху горно-обогатительных комбинатов, а капитальный ремонт целесообразнее проводить в условиях авторемонтного предприятия.

3. В результате использования предлагаемого рационального режима ремонта двигателей MTU DD 16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 с наличием резервируемого двигателя из оборотного фонда, суммарные затраты, учитывающие расходы на запасные части и потери на простои, на проведение ремонта составят 49918,5 тыс. руб., что является наиболее экономически

целесообразным, т.к. суммарные затраты на проведение ремонта с использованием рационального режима ремонта с возникающими простоями из-за ремонта в случае отсутствия подменного ДВС составляют 63100,3 тыс. руб.; на проведение замены двигателя новым согласно рекомендациям завода-изготовителя составляют 65478,7 тыс. руб.; на проведение капитальных ремонтов согласно рекомендациям завода-изготовителя составляют 180686,2 тыс. руб.

4. Предлагаемый рациональный режим ремонта двигателей MTU DD 16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 с наличием резервируемого двигателя из оборотного фонда позволяет улучшить технико-эксплуатационные показатели карьерных самосвалов Лебединского ГОКа, а именно, коэффициент выпуска подвижного состава на линию на исследуемом горно-обогатительном комбинате увеличится на 26% (с 0,69 до 0,87), а коэффициент технической готовности карьерных самосвалов увеличится на 20% (с 0,75 до 0,9).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе выполненных исследований, реализованных в новом разработанном рациональном режиме ремонта карьерных автомобилей, предполагающем замену двигателя с изношенными деталями резервным исправным двигателем из оборотного фонда, разработаны математические модели, применимые при формировании объема, содержания и периодичности проведения ремонтов для обеспечения и восстановления работоспособности автомобильных двигателей, обоснована эффективность совмещенной замены разных групп деталей двигателя и группировки деталей двигателя для проведения совмещенной замены, проведен анализ целесообразности их замены. При совершенствовании режимов ремонта выполнялся анализ методик и нормативно-технической документации по проведению ремонта ДВС. Эффективность предлагаемых решений подтверждается разработкой и внедрением рекомендаций по совершенствованию существующих режимов ремонта двигателей, направленных на повышение эффективности эксплуатации карьерного автомобильного транспорта.

Основные научно-практические результаты состоят в следующем:

1. Выполненный обзор научных и информационных источников, затрагивающих научно-техническую проблему технической эксплуатации карьерных самосвалов на автотранспортных предприятиях ГОКов, показал, что в настоящее время ремонт, включающий в себя замену изношенных деталей восстановленными деталями, является одним из перспективных методов обеспечения и восстановления работоспособности автомобильных двигателей, но данный вопрос требует научного обоснования.
2. Установлено, что для повышения эффективности эксплуатации карьерных самосвалов необходимо совершенствование существующих режимов ремонта ДВС, с учетом применения восстановленных деталей при

ремонте, что позволит обеспечить: контроль и эффективное управление технологическим процессом проведения ремонта; высокую производительность автомобилей; высокий показатель коэффициента технической готовности; правильный выбор резервирования запасных частей; снизить простои в ремонте; применить эффективные режимы обкатки после ремонта агрегатов для увеличения наработки и межремонтного периода.

3. Выполнено определение и обоснование выбора режима ремонта ДВС. Для совершенствования существующих режимов ремонта двигателей требуется применение двух подходов, которые одновременно будут учитывать экономические затраты и доходы, а также ресурс автомобиля. Для этого были разработаны научно-методические и организационно-технические основы и выполнено математическое моделирование рационального режима ремонта двигателей карьерных самосвалов.

4. Разработана целевая функция $S_N = f(d_{1i}, Z_{1i}, g_{1i}, G_{1i}, C_{вр}, \eta_1, \eta_2)$ рационального режима ремонта двигателей карьерных самосвалов, применимая для формирования объема, содержания и периодичности его проведения по восстановлению работоспособности автомобильных двигателей, в которую впервые введены коэффициенты, учитывающие тип ремонтного предприятия $\eta_1=0,8\dots 1$ и изменение затрат на ремонт в зависимости от наработки ДВС $\eta_2=1\dots 1,82$.

5. Проведены теоретические и экспериментальные исследования режима ремонта ДВС. Разработаны технологические рекомендации по структуре и периодичности ремонта ДВС. Выполнено математическое моделирование эффективности совмещенной замены разных групп деталей двигателя; группировка деталей двигателя для проведения совмещенной замены и проведен анализ целесообразности их замены. Доказано, что применение рационального режима ремонта увеличивает ресурс двигателя в 2,44 раза по сравнению с существующими режимами ремонта, т.е. от 30 тыс.

моточасов до 73,2 тыс. моточасов. Проведен анализ способов обкатки таких, как обкаточно-тормозной и бестормозной способ нагружения.

б. В результате использования предлагаемого рационального режима ремонта двигателей MTU DD 16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 количество капитальных ремонтов, трудоемкость и затраты, связанные с их выполнением, уменьшаются более чем в 2 раза. Интегральный экономический эффект за год эксплуатации одного двигателя при условии применения предлагаемого рационального метода ремонта, в сравнении с другими способами составляет: 877,9 тыс. руб./год - проведение ремонта с использованием рационального метода ремонта с возникающими простоями из-за ремонта в случае отсутствия подменного агрегата; 1036,6 тыс. руб./год – проведение замены двигателя новым согласно рекомендациям завода-изготовителя; 8711,87 тыс. руб./год - проведение капитальных ремонтов на авторемонтном предприятии согласно рекомендациям завода-изготовителя.

Предлагаемый рациональный режим ремонта двигателей MTUDD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 с наличием резервируемого двигателя из оборотного фонда позволяет улучшить технико-эксплуатационные показатели карьерных самосвалов Лебединского ГОКа, а именно: коэффициент выпуска подвижного состава на линию на исследуемом горно-обогатительном комбинате увеличится на 26% (с 0,69 до 0,87), а коэффициент технической готовности карьерных самосвалов увеличится на 20% (с 0,75 до 0,9).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абросимов, Г.Г. Проектирование транспортных схем карьеров / Г.Г. Абросимов. // Горный журнал. – 2006. - № 4. - С. 17 – 20;
2. Аброськин, А.С. Применение современных систем автоматизации на открытых горных работах / А.С. Аброськин // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2015. – Т. 326. №12. – С. 112-130;
3. Авдонькин, Ф.Н. Повышение срока службы автомобильных двигателей / Ф.Н. Авдонькин // Саратов: Приволжское книжное издательство, 2009. - 280 с.;
4. Аверкин, А.Н. Многокритериальный анализ объектов с кластеризацией экспертных оценок / А.Н. Аверкин, О.В. Костюченко, Н.В. Титова // Нечеткие системы и мягкие вычисления. 2007. Т.2 №4 С.49-62;
5. Агафонов, Д.В. Технологический автотранспорт Лебединского ГОКа / Д.В. Агафонов, А.С. Якушев, В.С. Лящев // Горный журнал. – 2017. - №5. – С. 38-41;
6. Анистратова, Е.В. Научно-практическая конференция "Карьерный транспорт' 2006" / Е.В. Анистратова, В.А. Зенин // Горная промышленность. 2006. № 1 (65). С. 58-62;
7. Артемьев, А.А. Система показателей финансового анализа деятельности промышленных предприятий / А.А. Артемьев, П.А. Кохно // Механизация и электрофикация социалистического сельского хозяйства. – 1991. - № 4. - С. 37 – 39;
8. Бачинский, В.И. Использование деталей экономико-математического моделирования в управлении производственными затратами горно-обогатительных предприятий / В.И. Бачинский, Е.И. Кузминская // Экономика и управление: анализ и перспектива развития . 2013. № 6. С. 197-201;

9. Беллман, Р. Прикладные задачи динамического программирования / Р. Беллман, С. Дрейфус // М.: Наука, 2005. – 460 с.;
10. Бигель, Н.В. Дизель-троллейвозный транспорт БЕЛАЗ и перспективы его использования в горном производстве / Н.В. Бигель, А.М. Насковец // Строительные и дорожные машины. - 2014. - № 1. - С. 21-24;
11. Блам, Ю.Ш. Модели и методы прикладного анализа (производственные системы) / Ю.Ш. Блам, Л.В. Машкина // учеб. - метод. комплекс к курсу [Электронный ресурс] - НГУ. - Новосибирск, 2008. - Режим доступа [25.04.20]: <http://econom.nsc.ru/efnsu/Mimpa2.htm>;
12. Васильева, А.В. Перспективы использования карьерного транспорта в горной промышленности / А.В. Васильева, Е.С. Старостин // В сборнике: Глобальные проблемы Арктики и Антарктики. Сборник научных материалов Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения акад. Николая Павловича Лавёрова. Ответственные редакторы: А.О. Глико, А.А. Барях, К.В. Лобанов, И.Н. Болотов. 2020. С. 640-644;
13. Волков, П.В. Технологические особенности возведения усиленной комбинированной крепи на подземных рудниках / П.В. Волков, В.Н. Калмыков, В.В. Латкин, А.А. Зубков, С.С. Неугомонов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. №54-2. С.63-69;
14. Вуейкова, О.Н. Вопросы повышения эффективности работы карьерного транспорта / О.Н. Вуейкова, О.Н. Ларин // Вестник ОГУ . 2011. № 10 (129). С. 20-25;
15. Гавришев, С.Е. Организационно-технологические методы повышения надежности и эффективности работы карьеров: монография. – Магнитогорск: МГТУ, 2002. – 231 с.;
16. Гнеденко, Ю.Н. Математические методы в теории надежности / Ю.Н. Гнеденко и др. // М.: Наука, 2005. - 524 с.;

17. Демьянов, А.А. Особенности проектирования систем, работающих в экстремальных условиях / А.А. Демьянов, А.А. Демьянов // В сборнике: Транспорт-2015. Труды международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. 2015. С.191-192;

18. Дехтеринский, Л.В. Теория потенциала работоспособности и ремонтного резервирования надежности стареющих технических систем / Л.В. Дехтеринский, А.П. Павлов, С.Б. Норкин, С.А. Скрипников // Учебное пособие: Москва, 2013., С.104;

19. Документы системы ГАРАНТ. Глава 3. Порядок расчета размера расходов на материалы, запасные части, оплату работ, связанных с восстановительным ремонтом поврежденного транспортного средств [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://base.garant.ru/>;

20. Долев, А.Н. Проблема эксплуатации и ремонта эластомерных поглощающих аппаратов в районах Сибири и Дальнего Востока / А.Н. Долев, В.Н. Железняк, И.Д. Козубенко // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2014. Т.2. С. 469-474;

21. Донской, Д.В. Восстановление деталей импортных двигателей во втором автобусном парке Москвы / В.И. Иванов, А.Ю. Костюков, В.А. Денисов, Р.Н. Задорожный, А.А. Назаров // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2013. №5. С.3-10;

22. Дрыгин, М.Ю. Диагностика состояния тяжелой горной техники при планово-предупредительных ремонтах / М.Ю. Дрыгин, Н.П. Курышкин // Динамика систем, механизмов и машин. 2017. Т. 5. № 2. С. 115-122;

23. Дюмин, Д.В. Выбор материала для экспериментального исследования влияния предварительных внешних воздействий на заготовку / Д.В. Дюмин, А.А. Горохов // В сборнике: Перспективное развитие науки, техники и технологий. Сборник научных статей. Материалы IV Международной научно-практической конференции. Председатель

организационного комитета Горохов А.А. (ответственный редактор); Члены оргкомитета: Ивахненко А.Г., Сторублев М.Л., 2014. С. 87-89;

24. Есин, К.С. Повышение эффективности использования автотранспортных средств при перевозке зерна в регионе (на примере Орловской области) / К.С. Есин // автореферат дис. ... кандидата технических наук / Приокский гос. ун-т. Орел, 2016, 22 с.;

25. Ждановский, А.В. Научный сектор и инновационная деятельность научно-технического комплекса авиадвигателестроения / А.В. Ждановский, А.И. Ланшин, В.Н. Федякин, В.И. Солонин // В сборнике: Авиационные двигатели и силовые установки. Под редакцией А.И. Ланшина; ЦИАМ им. П.И. Баранова. Москва, 2010. С. 29-38;

26. Зарубина, Р.В. Обеспечение безопасности на автотранспорте / Р.В. Зарубина // Вестник Таганрогского государственного педагогического института. 2012. №5. С. 28-35;

27. Иванов, А.А. Управление транспортом на основе математического моделирования / А.А. Иванов, П.А. Устич, В.Г. Мышков, П.И. Садчиков // Железнодорожный транспорт. 2008. №7. С. 39-43;

28. Казарцева, Е.А. Система ранней диагностики и подавления повреждений, вызывающих катастрофическую деградацию механических свойств алюминий-магневых сплавов в условиях эффекта Портевена-Ле Шателье / Е.А. Казарцева, М.А. Желтов, А.Е. Золотов, А.А. Шибков // В сборнике: Перспективные материалы и технологии. Сборник материалов международного симпозиума. Под общей редакцией В.В. Рубаника. 2019. С. 242-244;

29. Колегаев, И.А. Разработка принципов и обоснование параметров компьютерного моделирования вариантов использования машинно-тракторного парка сельскохозяйственного предприятия для целей оперативного управления технологическими процессами в растениеводстве / И.А. Колегаев // автореферат диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук / Уфимский государственный авиационно-технический университет. Уфа, 2003;

30. Копылова, О.А. Кластеризация сбора транспортно-логистических систем // Современные проблемы транспортного комплекса России . 2013. № 4 (4). С. 73-81;

31. Корчагин, В.А. Методические основы управления потоковыми процессами на автомобильном транспорте: учебн. пособие /В.А. Корчагин, С.А. Ляпин. – Липецк: ЛГТУ, 2007. - 246 с.;

32. Корчагин, В.А. Определение оптимальной стратегии ремонтного обслуживания двигателя ЯМЗ-240Н /В.А. Корчагин, В.С. Шатерников, М.В. Шатерников // Автотранспортное предприятие. – 2014. - №10. - С. 35 – 39;

33. Костюк, В.Е. Моделирование обеспечения экологической безопасности при использовании оросительных систем пылеподавления в процессе погрузки, разгрузки и транспортировки сыпучих материалов / В.Е. Костюк, Н.В. Кобрина, С.А. Вамболь, Н.В. Нечипорук // Екологічна безпека. 2010. № 2 (10). С. 20-22;

34. Кравцов, И.Н. Анализ работы месторождений Северного Кавказа, находящихся на заключительной стадии разработки / И.Н. Кравцов, В.П. Колисниченко, Л.А. Ильченко, Т.В. Гилеб // Наука и техника в газовой промышленности. 2008. № 4 (35). С. 87-92;

35. Крупеня, Е.Ю. Технология машиностроения: проектирование технологии изготовления деталей / Е.Ю. Крупеня, В.А. Лебедев, А.А. Болдырев, Ю.В. Корольков // Учебное пособие. Ростов-на-Дону, 2020 С.180;

36. Лепетюха, С.В. , Якушев А.С. Состояние и перспективы развития технологического автотранспорта Лебединского ГОКа. Горный журнал . 2007. № 7. С. 25-27;

37. Луйк, С.О. Выбор технологических схем переработки и обогащения алмазосодержащих руд / С.О. Луйк, В.Ф. Монастырский, Г.П.

Двойченкова, А.В. Зуев // Вестник Якутского государственного университета. 2006. Т. 3. № 4. С. 38-43;

38. Макуха, П.А. К вопросу об особой логистической системе снабжения потребителей ископаемым сырьём / П.А. Макуха, С.Н. Корнилов // Современные проблемы транспортного комплекса России .2013. № 2 (3). С. 94-99;

39. Мариев, П.Л. Повышение конструкционной равнопрочности крупногабаритных деталей и сварных узлов карьерных самосвалов / П.Л. Мариев. - Минск: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 2001. - 180 с.;

40. Михлин, В.М. Ресурсосберегающий метод определения допустимых износов, изменений параметров при техническом обслуживании и ремонте машин /В.М. Михлин, А.Г. Дарер // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 1. С. 20-21;

41. Могилат, В.Л. Методология информационного обеспечения безопасности работы карьерного автомобильного транспорта / В.Л. Могилат // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2004. № 3. С. 124-125;

42. Моисеев, Н.Н. Численные методы в теории оптимальных систем. /Н.Н. Моисеев. – М.: Наука, 2001. – 424 с.;

43. Насковец, А.М. Современное развитие карьерного транспорта производства ОАО "БЕЛАЗ" / А.М. Насковец, П.А. Пархомчик, А.Н. Егоров, С.А. Шишко, В.И. Моисеенко // Актуальные вопросы машиноведения. 2018. Т. 7. С. 8-11;

44. Нестеренко, А.В. Ремонтная служба комбината / А.В. Нестеренко, С.А. Разгулов, Е.Ю. Берестнев, А.А. Никулин // Горный журнал. – 2017. - №5. – С. 42-45;

45. Новиков, А.Н. Оптимизация охвата диагностическими списками промышленных предприятий на территории Орловской области / А.Н. Новиков, М.В. Кулев // Бюллетень транспортной информации .2010. № 5 (179). С. 31-33;

46. Новиков, А.Н. Выбор качественных автосервисных услуг программно-целевым методом / А.Н. Новиков, А.С.Бодров, Д.О. Ломакин // Бюллетеньной информации . 2009. № 8 (170). С. 36-40;

47. Олизаренко, В.В. Анализ логистической схемы горно-обогатительного предприятия при комбинированной разработке медно-колчеданных месторождений / В.В. Олизаренко, А.В. Красавин, Р.И. Абдрахманов, В.В. Гольцов // Современные проблемы объединенного комплекса России . 2013. № 4 (4). С. 88-94;

48. Петров, В.Л. Моделирование рисков возникновения простоев и аварийных ситуаций технологического оборудования горных предприятий / В.Л. Петров, С.Н. Гончаренко, А.С. Парсегов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № 12. С. 283-292;

49. Проников, А.С. Машиностроение / А.С. Проников, В.И. Аверченков, В.И. Андреев и др. // Энциклопедия в сорока томах. Том. Раздел III. Часть 3: Технология изготовления деталей машин. Москва, 2000. С.840;

50. Селиванов, А.А. Совершенствование организационно-технологических принципов ремонта / А.А. Селиванов, А.В. Анашкин // Лесной вестник (1997-2002). 2000. № 1. С. 163-164;

51. Семькина, А.С. Повышение эффективности эксплуатации карьерного транспорта за счет снижения простоев в ожидании ремонта / А.С. Семькина // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы междунар. науч.-техн. конф. молод. ученых / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Беларус. - Рос. ун-т; редкол.: И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2018. – 119 с.;

52. Семькина, А.С. Анализ видов железорудного сырья и процесса их перевозки / Семькина, Н.А. Загородний, Ю.В. Фоменко, А.А. Конев // Научно-технические аспекты инновационного развития транспортного комплекса:

сборник научных трудов по материалам III Международной научно-практической конференции 25 мая 2017 года / Министерство образования и науки ДНР и др. – Донецк: ДАТ, 2017. С. 27-31;

53. Семькина, А.С. Анализ видов железорудного сырья и процесса их перевозки / Семькина, Н.А. Загородний, Ю.В. Фоменко, А.А. Конев // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. 2017. №2. С. 10-15;

54. Семькина, А.С. Анализ основных неисправностей современных автомобилей, находящихся на гарантии. Использование компьютерных программ при расчете технических характеристик поршня / Семькина А.С., Загородний Н.А. // Информационные технологии и инновации на транспорте материалы 2-ой Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией А.Н. Новикова. 2016. С. 219-227;

55. Семькина, А.С. Анализ применяемых материалов для изготовления поршня двигателя автомобиля / А.С. Семькина, Н.А. Загородний // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. - 2016. - Т. 3. № 3 (6). - С. 275-280;

56. Семькина, А.С. Возможности совершенствования транспортного процесса перевозки железорудного сырья горно-обогатительных комбинатов / А.С. Семькина, Д.А. Шкилев, Н.А. Загородний // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении: сборник научных статей 3-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием (15-16 февраля 2018 года)/ редкол.: Горохов А.А. (отв. Ред.); Юго-Зап. гос. ун-т., Курск: Из-во ЗАО «Университетская книга», 2018. – С. 300-303;

57. Семькина, А.С. Выявление проблем транспортного комплекса горно-обогатительных предприятий / Семькина А.С., Загородний Н.А. // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы междунар. науч.-техн. конф. молод. ученых / М-во образования Респ.

Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Белорус. - Рос. ун-т; редкол.: И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Белорус. - Рос. ун-т, 2017. – 162 с.;

58. Семькина, А.С. Использование компьютерных программ для эффективного управления автобизнесом / Семькина А.С., Загородний Н.А. // Металлообрабатывающие комплексы и робототехнические системы – перспективные направления научно-исследовательской деятельности молодых ученых и специалистов: Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции (19-20 июня 2015 года) // редкол.: Гречухин А.Н (отв. редактор); Юго-Западный гос. ун-т, Курск, 2015. – С. 184-187;

59. Семькина, А.С. Использование компьютерных программ при расчете основных технических параметров поршня / Семькина А.С., Загородний Н.А. // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2015. – Вып. 6: в 2 ч. Ч. 1. – С. 205-213;

60. Семькина, А.С. Неисправности современных автомобилей. Применение компьютерных программ для расчета технических параметров поршня // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2016. С. 1751-1756;

61. Семькина, А.С. Определение ремонтного цикла замены поврежденных поршней двигателя автомобиля / А.С. Семькина, Н.А. Загородний // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. - 2016. - Т. 3. № 2 (5). - С. 140-145.

62. Семькина, А.С. Определение ремонтного цикла замены поврежденных поршней двигателя автомобиля / Семькина А.С., Загородний Н.А. // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. 2016. №1. С. 33-38.

63. Семькина, А.С. Определение технического состояния поршня с помощью методов диагностики и контроля / А.С. Семькина, Н.А. Загородний // *Металлообрабатывающие комплексы и роботехнические системы – перспективные направления научно-исследовательской деятельности молодых ученых и специалистов* [Текст]: Сборник научных статей II Международной научно-технической конференции (17-18 июня 2016 года), в 2-х томах, Том 2, / редкол.: Гречухин А.Н (отв. редактор); Юго-Западный гос. ун-т, Курск, 2016. С. 157-161;

64. Семькина, А.С. Организационно-технологические мероприятия по усовершенствованию процесса транспортирования железорудного сырья горно-обогатительных комбинатов / А.С. Семькина, Н.А. Загородний // *Проблемы функционирования систем транспорта: материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (5-7 декабря 2018 г.): в 2 т. / отв. ред. А. В. Медведев. – Тюмень: ТИУ, 2019. – С. 311-316.*

65. Семькина, А.С. Повышение эффективности процесса перевозки железорудного сырья на горно-обогатительном комбинате / А.С. Семькина, Н.А. Загородний, Ю.В. Фоменко, А.А. Конев // В сборнике: *Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова 2017. С. 4781-4784.*

66. Семькина, А.С. Повышение эффективности работы автомобильного карьерного транспорта [Электронный ресурс] / А.С. Семькина, Н.А. Загородний // *Студенческий научный форум. – 2017. – Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru>;*

67. Семькина, А.С. Замена изношенных элементов восстановленными на карьерных АТС / А.С. Семькина, Н.А. Загородний, А.Н. Новиков // *Автомобильная промышленность. 2022. № 2. С. 31-34.*

68. Семькина, А.С. Повышение эффективности эксплуатации транспортного комплекса горно-обогатительных комбинатов / А.С.

Семыкина, Н.А. Загородний, А.А. Конев // Мир транспорта и технологических машин. 2018. - №1(60). – С.134-140.

69. Семыкина, А.С. Построение дерева неисправностей системы смазки дизельного двигателя автомобиля / А.С. Семыкина, Н.А. Загородний, А.С. Федоров // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. - 2017. - Т. 4. № 1 (7). - С. 227-231.

70. Семыкина, А.С. Разработка алгоритма поиска неисправностей системы смазки дизельного двигателя автомобиля А.С. Семыкина, Н.А. Загородний, А.С. Федоров // Альтернативные транспортные технологии. - 2018. - Т. 5. № 1 (8). - С. 227-230;

71. Семыкина, А.С. Разработка научно-методических подходов для повышения эффективности карьерного транспорта / А.Н. Новиков, И.А. Новиков, Н.А. Загородний, А.С. Семыкина // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2020. Т. 17. № 6 (76). С. 690-703;

72. Семыкина, А.С. Система сервисного обслуживания поршней двигателя легкового автомобиля / А.С. Семыкина, Н.А. Загородний // Металлообрабатывающие комплексы и роботехнические системы – перспективные направления научно-исследовательской деятельности молодых ученых и специалистов [Текст]: Сборник научных статей II Международной научно-технической конференции (17-18 июня 2016 года), в 2-х томах, Том 2, / редкол.: Гречухин А.Н (отв. редактор); Юго-Западный гос. ун-т, Курск, 2016. С. 161-165;

73. Семыкина, А.С. Снижение ремонтных простоев транспортного комплекса горно-обогатительных комбинатов / А.С. Семыкина, Н.А. Загородний // Автомобильная промышленность. - №11. - 2018. - С. 21-23;

74. Семыкина, А.С. Совершенствование методики технического обслуживания системы смазки дизельного двигателя / А.С. Семыкина, Н.А.

Загородний, А.С. Федоров // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. - 2017. - Т. 4. № 1 (7). - С. 232-237;

75. Семькина, А.С. Совершенствование транспортной системы горно-обогатительных комбинатов / А.С. Семькина, Н.А. Загородний // Автомобильная промышленность. 2019. № 6. С. 31-34;

76. Современные программные системы компании Modular Mining для управления горным оборудованием на карьерах [Электронный ресурс] / Журнал «Горная промышленность» - 1996. - №4. – стр. 46. – Режим доступа: <https://mining-media.ru>. – (Дата обращения: 23.01.2022);

77. Сухарникова, А.И. Применение современных it технологий в автодорожной индустрии / А.И. Сухарникова, А.С. Охота, С.Н. Мироненко // В сборнике: Бизнес технологии в России: теория и практика. материалы IV международной научно-практической конференции. ответственный редактор Зарайский А.А., 2016. С. 28-30;

78. Танкович, В.С. Разработка методики и программного обеспечения оценки конкурентоспособности продукции машиностроительного профиля / В.С. Танкович, А.А. Кухарев, С.В. Хитриков // Труды НАМИ. 2015. № 263. С. 105-114;

79. Тариков, Д.Ш. Анализ производственной деятельности горнодобывающего предприятия и разработка методики оптимального транспортно-грузового комплекса / Д.Ш. Тариков, С.Н. Корнилов // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования . 2012. Т. 1. С.96-99;

80. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций, 7-е издание [Текст]: Пер. с англ. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2005. - 912 с: ил.;

81. Тимченко, А.И. Совершенствование процесса бесстендовой бестормозной приработки автомобильных двигателей после капитального ремонта / А.И. Тимченко, Д.И. Тимченко, А.И. Назаров, Е.А. Давидянц // Вісник СевНТУ. 2012. № 134. С. 168-171;

82. Трапезникова, М.А. Моделирование многополосных транспортных потоков на основе теории клеточных автоматов / М.А. Трапезникова, И.Р. Фурманов, Н.Г. Чурбанова, Р. Липп // Математические модели и компьютерное моделирование. 2012. 53 61 p.;

83. Харитонов, А.С. Критерий оценки эффективности систем массового обслуживания / А.С. Харитонов // Студенческая наука XXI века. 2015. № 3. С. 93-94;

84. Харитонов, А.С. Разработка программного обеспечения для моделирования электронных устройств для транспортной отрасли на базе вычислительных алгоритмов SPICE / А.С. Харитонов, Г.Л. Штрапенин // Инновационный транспорт. 2018. № 3 (29). С. 45-48;

85. Ховард, Р. Динамическое программирование и марковские процессы. / Р. Ховард // М. Советское радио, 1994. – 192 с.;

86. Шаволь, Г. Новая услуга фирмы DBT в России: одежда в аренду горно-шахтного оборудования / Г. Шаволь, А.Н. Новиков // Горная промышленность . 2007. № 4 (74). С. 36-37;

87. Шатерников, М.В. Повышение надежности и долговечности двигателя ЯМЗ-240Н / М.В. Шатерников, В.А. Корчагин, В.С. Шатерников // Автотранспортное предприятие. 2014. № 7. С. 41-45;

88. Шатерников, В.С. Износы и дефекты основных деталей и ресурс двигателей ЯМЗ-240Н / В.С. Шатерников, М.В. Шатерников // Мир транспорта и технологических машин. 2013. № 3 (42). С. 8-14;

89. Шатерников, В.С. Оптимизация структуры и периодичности ремонтных обслуживаний двигателя ЯМЗ-240Н / В.С. Шатерников, М.В. Шатерников // Автотранспортное предприятие. 2014. № 2. С. 33-36;

90. Шатерников, В.С. Проблемы совершенствования организации ремонтного обслуживания двигателей карьерных большегрузных автомобилей-самосвалов // В сборнике: Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса. Материалы 3-ей Международной научно-

практической конференции. под общей редакцией А.Н. Новикова. 2013. С. 144-152;

91. Шатерников, В.С. Пути повышения ресурса двигателей карьерных автосамосвалов БЕЛАЗ до капитального ремонта / В.С. Шатерников, Ю.В. Семикопенко, М.В. Шатерников // Мир транспорта и технологических машин. 2013. № 4 (43). С. 19-26;

92. Шатерников, В.С. Результаты экспериментального исследования и эффективности бестормозной обкатки двигателей ЯМЗ-240Н / В.С. Шатерников, Н.А. Загородний, М.В. Шатерников // Автотранспортное предприятие. 2013. № 12. С. 33-36;

93. Шатерников, В.С. Совершенствование организации ремонтного обслуживания агрегатов карьерных большегрузных самосвалов / В.С. Шатерников, Н.А. Загородний, М.В. Шатерников // Автомобильная промышленность. 2014. № 4. С. 22-24;

94. Шатерников, В.С. Экспериментальные исследования режимов и эффективности бестормозной обкатки двигателей ЯМЗ-240Н / В.С. Шатерников, Н.А. Загородний, М.В. Шатерников // Автотранспортное предприятие. 2013. № 11. С. 32-34;

95. Шатерников, Максим Владимирович. Повышение эффективности ремонтного обслуживания дизелей автомобилей, работающих в условиях карьеров: диссертация ... кандидата Технические науки: 05.22.10 / Шатерников Максим Владимирович; 2016.- 151 с.;

96. Шейнин, Б.М. Коррозионная стойкость низкоуглеродистых сталей с гальваническими покрытиями / Б.М. Шейнин, Е.С. Козик, С.И. Кошелев, Е.В. Кушнаренко, В.С. Правдин, Е.В. Солосина // Вестник Оренбургского государственного университета. 2013. № 1 (150). С. 182-186;

97. Шейнин, Б.М. Повышение износостойкости и восстановление деталей машин и аппаратов / Б.М. Шейнин, С.И. Богодухов, Р.М. Сулейманов, А.Д. Проскурин // Учебное пособие для студентов, обучающихся по

программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 150200 Машиностроительные технологии и оборудование / Оренбург, 2012. С.298;

98. Яковлев, В.Л. Методы исследований карьерного транспорта: из XX в XXI век / В.Л. Яковлев, В.Ф. Столяров, А.В. Глебов // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2006. № 1. С. 115-123;

99. Яковлев, В.Л. Новый взгляд на карьерный автомобильный транспорт / В.Л. Яковлев, П.И. Тарасов, А.Г. Журавлев, В.О. Фурин, А.Г. Ворошилов, А.П. Тарасов, Е.В. Фефелов // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2006. № 6. С. 97-107;

100. Mustafa, K.A. Model of optimal control of career road transport / K.A. Mustafa, A.A. Aitbenova, V.D. Trifanov // Актуальные научные исследования в современном мире. 2020. № 5-1 (61). С. 11-17;

101. Paley, L.M. Managerial and engineering support of open pit mine production phase I at v. grib mining and progressing combine || Eurasian mining. – 2014. № 2. – P. 20-22;

102. Phase-plane analysis of conserved higher-order traffic flow model [Electronic resource]/ Chun-xiu Wu, T. Song, P. Zhang, S.C. Wong / Applied Mathematics and Mechanics, 2012. – 1505 -1512 p;

103. Semykina, A.S. Aspects of transport system management within mining complex using information and telecommunication systems Semykina A.S., Zagorodniy N.A., Konev A.A., Duganova E.V. Journal of Physics: Conference Series Сер. "International Conference Information Technologies in Business and Industry 2018 - Enterprise Information Systems" 2018. С. 042064 IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1015 (2018) 042064 doi:10.1088/1742-6596/1015/4/042064 <http://iopscience.iop.org/issue/1742-6596/1015/4>;

104. Semykina, A.S. Main directions of improving the maintenance and repair of vehicle units in the Far North / A.S. Semykina, N.A. Zagorodnii, I.A. Novikov, A.N. Novikov //Transportation Research Procedia Volume 57, 2021, Pages 611-616.

Приложение А

Распределение материальных средств на разных стадиях ремонтных воздействий автотранспортных средств за весь их срок амортизации

Технико-экономические показатели	Изготовление, %	ТО, %	ПР, %	КР, %
Распределение расчетных капиталовложений по отдельным сферам (без стоимости подвижного состава)	11,4	84,4		4,2
Удельные соотношения общественных затрат	13,0	25,0	50,0	12,0
Распределение трудовых ресурсов	1,4	45,4	46,0	7,2
Расход металла	43,0	36,0		21,0

Приложение Б

Данные о надежности основных деталей двигателя MTU DD16V4000

БЕЛАЗ-75309 в заданном интервале наработки

№ п/п	Наименование основных деталей и узлов, поступающих в запасные части	Вероятность безотказной работы в интервале наработки 40,0-50,0 тыс. моточасов
1	Гильзо-поршневая группа:	0,092
	- гильза цилиндров	0,45
	- поршень	0,455
	- кольца поршневые	0,45
2	Вкладыши шатунные	0,57
3	Головка блока цилиндров	0,82
4	Прокладка головки блока	0,82
5	Клапаны	0,835

Характеристика условий эксплуатации подконтрольных двигателей

Признаки	Характеристика признака
Тип автомобиля	Автосамосвал БелАЗ-75309
Климатические условия	Центральные районы РФ
Дорожные условия	Карьер (3-я категория условий эксплуатации)
Род перевозимого груза	Руда, вскрышной грунт
Нагрузка	Среднесуточный пробег – 94 км; коэффициент использования пробега – 0,46
Периодичность ТО	ТО-0 – 100 моточасов; ТО-1 - каждые 250 моточасов; ТО-2 - каждые 500 моточасов; ТО-3 - каждые 1000 моточасов; СО - 2 раза в год.

Приложение Г

Основные технические характеристики карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309

Показатель	Ед. изм.	Характеристика
Грузоподъемность	т	220
Номинальная мощность двигателя	кВт (л.с)	1715 (2300)
Максимальный крутящий момент	Нм/мин ⁻¹	9513/1500
Удельный расход топлива при номинальной мощности	г/кВтч	198
Уровень выбросов отработавших газов двигателя в соответствии с ЕРА		Tier 1
Тяговый электропривод		Переменно-переменного тока
Тяговый генератор		ГСТ1600-8
Мощность	кВт	1600
Тяговый двигатель		ТАД-7
Мощность	кВт	700
Объем кузова	м ³	89,5/81,7/102,4
Объем кузова с «шапкой» 2:1	м ³	131/124,3/141,1
Радиус поворота	м	15
Масса: эксплуатационная полная	кг	156100 (комплектация в базовом исполнении) 376100
Максимальная скорость	км/ч	60

Основные технические характеристики двигателя карьерного самосвала

БЕЛАЗ-75309

Показатель	Характеристика
Число цилиндров	16
Рабочий объём	76,3 л.
Максимальная мощность	2635 л.с. (1965 кВт)
Максимальный крутящий момент	9313 Н·м при 1500 об/мин
Удельный расход топлива при номинальной мощности	200 г/кВт·час
Запас топлива	2800 л.
Рабочий объём цилиндров	65 л
Диаметр цилиндра	170 мм

**Параметры и средства их измерения обкатки двигателя
MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309**

Параметры	Фактические значения параметров при сборке двигателей, мм	Средства измерений
Зазор в сопряжении «гильза цилиндра - поршень»	0,24-0,26	Лента-щуп: толщина – 0,24 мм; ширина – 13 мм, длина – 300 мм. Усилие замера 35 - 40 Н
Зазор в шатунных подшипниках коленчатого вала	0,046-0,094	Пластина латунная: толщина – 0,046 мм, ширина – 13 мм, длина – 30 мм
Зазоры в стыке поршневых колец	0,45-0,70	Щуп пластинчатый
Зазор между кольцом и канавкой поршня по высоте	0,09-0,10	Щуп пластинчатый
Люфт осевой коленчатого вала	0,25-0,57	Приспособление специальное
Биение коленчатого вала по средней шейке	не более 0,04	Стойка магнитная, индикатор
Торцевое биение дорожек качения коленчатого вала	не более 0,03	Стойка магнитная, индикатор
Дисбаланс маховика в сборе с зубчатым ободом	Не более 60 г·см	Стенд для балансировки
Шероховатость рабочей поверхности гильз цилиндров	$R_a = 0,32$ мкм не более	Профилограф-профилометр, мод. «Калибр - ВЭИ», профилометр, мод. ПЧ-3
Шероховатость опорных шеек коленчатого вала	$R_a = 0,2$ мкм не более	Профилограф-профилометр, мод. «Абрис – ПМ7»
Шероховатость рабочих поверхностей шатунных вкладышей подшипников коленчатого вала	$R_a = 0,40$ мкм	Профилограф-профилометр, мод. «Абрис – ПМ7»

Перечень деталей двигателя для восстановления

№ п/п	Наименование деталей, входящих в сборочный узел	Количество деталей
Узел № 1. Гильзо-поршневая группа		
1	Гильза цилиндра	16
2	Поршень	16
3	Кольца поршневые	Комплект
4	Палец поршневой	16
5	Кольцо стопорное поршневого пальца	32
6	Шатун в сборе	16
7	Втулка шатуна	16
8	Кольцо уплотнительное гильзы	16
9	Кольцо уплотнительное гильзы	16
10	Кольцо уплотнительное гильзы	16
Узел № 2. Головка цилиндров в сборе		
1	Прокладка головки цилиндра	4
2	Головка цилиндра	4
3	Клапан выпускной	16
4	Шайба клапанной пружины	32
5	Втулка направляющая выпускного клапана	16
6	Седло выпускного клапана	16
7	Клапан впускной	16
8	Втулка направляющая впускного клапана	16
9	Седло впускного клапана	16
10	Пружины клапана наружная	32
11	Пружины клапана внутренняя	32
12	Тарелка клапанной пружины	32
13	Втулка тарелки	32
14	Сухарь клапана	64
15	Манжета клапана в сборе	16
Узел № 3. Вал коленчатый в сборе		
1	Вал коленчатый в сборе с заглушками	1
2	Подшипники	7
3	Вкладыши шатунные	Комплект
4	Шестерня распределительная	1

**Периодичность, объем и содержание работ ТО карьерного самосвала
БЕЛАЗ-75309**

ТО-0, 100 моточасов
1. Обслуживание двигателя: замена масла, фильтров: <ul style="list-style-type: none"> ○ Масло моторное; ○ Масляный фильтр; ○ Топливный фильтр; ○ Фильтр системы охлаждения; ○ Проверка состояния всех ремней; ○ Проверка состояния вентилятора; ○ Смазать все точки согласно схеме смазки.
2. Замена масла в агрегатах самосвала (с промывкой емкостей): <ul style="list-style-type: none"> ○ Редукторы электромотор-колес; ○ Гидробак объединенной гидросистемы.
3. Проверка уровня охлаждающей жидкости в системе охлаждения двигателя и при необходимости дозаправить.
4. Регулировка зазора между вкладышами и шаровыми опорами цилиндров подвески.
5. Подтяжка наружные резьбовые соединения подвески, рулевого управления, тормозных систем.
6. Замена фильтрующей детали в масляном баке объединенной гидросистемы.
7. Замена фильтрующей детали фильтра, установленного в напорной линии насоса.
8. Очистка сливных магнитных пробок бака, магнитов во всасывающем патрубке насоса и сливном коллекторе.
9. Проверка состояния кабельных вводов и замков силового шкафа на предмет пылезащитности.
10. Очистка внутри силового шкафа от пыли.
11. Осмотр внутри силового шкафа на предмет наличия возможных повреждений.

ТО-1, каждые 250 моточасов
1. Очистка самосвала от производственной пыли и загрязнений.
2. Обслуживание двигателя: замена масла, фильтров: <ul style="list-style-type: none"> ○ Масло моторное; ○ Масляный фильтр; ○ Топливный фильтр; ○ Фильтр системы охлаждения; ○ Проверка состояния всех ремней; ○ Проверка состояния вентилятора.

Продолжение приложения Ж

3. Проверка уровня масла в редукторах мотор-колес, при необходимости дозаправка, и отбор пробы масла.
4. Заполнение смазкой масленки межманжетных полостей картера редуктора электромотор-колеса.
5. Обслуживание тягового электропривода: <ul style="list-style-type: none"> ○ обслуживание генератора (согласно регламента обслуживания генератора); ○ проверка на слух работы генератора при работающем двигателе; ○ проверка нагрева подшипника непосредственно после остановки двигателя; ○ проверка затяжки крепления контрольной подтяжкой; ○ Смазка подшипника консистентной смазкой, рекомендованной производителем генератора; ○ обслуживание электромоторов (согласно регламента обслуживания электромоторов); ○ проверка целостности болтов и их креплений; ○ проверка состояния выводных кабелей; ○ проверка целостности воздухопроводов.
6. Подтяжка креплений карданного вала привода насоса гидросистемы и проверить люфты в шарнирах.
7. Проверка уровня охлаждающей жидкости двигателя и концентрацию DCA-4 при необходимости довести до нормы.
8. Проверка уровня масла гидросистемы.
9. Очистка магнитов, установленных в сливных трубках редукторов мотор-колес от металлической пыли.
10. Очистка входного сетчатого фильтра подкачивающего топливного насоса, при необходимости заменить.
11. Проверка технического состояния трубки сапуна картера двигателя.
12. Смазка верхних опор цилиндров опрокидывающего механизма.
13. Проверка состояния централизованной системы смазки, пополнить бачок смазкой.
14. Проверка гайки крепления передних и задних колес, при необходимости протянуть.

ТО-2, каждые 500 моточасов

1. Очистка самосвала от производственной пыли и загрязнений.
2. Выполнить все операции ТО-1.
3. Промыть фильтр обогревателя топлива.
4. Проверить крепление блоков резисторов, надежность закрепления деталей резисторов в УВТР.

Продолжение приложения Ж

5. Проверить состояние, крепление, подсоединение и укладку выводных проводов и кабелей тягового электропривода.
6. Очистить от пыли циклоны и корпуса воздушных фильтров. Заменить основной фильтрующий элемент воздушного фильтра.
7. Очистить пылеотбойники и моноциклоны воздухопроводов системы вентиляции и охлаждения тягового электропривода от пыли. Проверить надежность закрепления деталей воздушного охлаждения.
8. Извлечь торсионный вал в сборе с солнечной шестерней редукторов электромоторколес и проверить визуально их состояние.
9. Проверить и при необходимости отрегулировать зазор между торсионным валом и упором.
10. Провести визуальный осмотр на наличие трещин в районе: <ul style="list-style-type: none"> ○ соединение картера заднего моста с редуктором электромотор-колес к картеру заднего моста; ○ фланца рычага картера заднего моста; ○ нижнего кронштейна реактивной штанги.
11. Проверить и при необходимости подтянуть болты крепления: <ul style="list-style-type: none"> ○ второй верхней съемной поперечины рамы; ○ рычагов подвески, кронштейнов передней оси, сварных соединений рамы и платформы; ○ карданного вала привода насоса гидросистемы и проверить люфты в шарнирах; ○ рычагов, цилиндров поворота, тяги, клеммовые соединения рулевой трапеции; ○ наконечников к клеммам и крепление аккумуляторных батарей; ○ болты крепления электромотор-колес к картеру заднего моста; ○ гайки крепления пальцев штанги передней подвески на раме и передней оси.
12. Проверить уровень масла в кожухах цилиндрах подвески, при необходимости добавить.
13. Проверить зарядку цилиндров подвески газом и при необходимости зарядить.
14. Проверить давление азота в пневмогидроаккумуляторах рулевого управления и тормозных систем, при необходимости довести до нормы.
15. Проверить состояние сварных швов кронштейнов цилиндров поворота, рычагов рулевой трапеции.
16. Проверить целостность рукавов и шлангов объединенной гидравлической системы, а также их крепление.
17. Проверить крепление механизмов рабочей и стояночной тормозных систем, состояние тормозных дисков и износ накладок тормозных механизмов передних и задних колес и при необходимости заменить накладки.

Продолжение приложения Ж

18. Проверить зазор между тормозным диском и накладками стояночного тормозного механизма, при необходимости отрегулировать.
19. Проверить плотность прилегания ролика педали к толкателю крана управления рабочей тормозной системой.
20. Заменить фильтрующий элемент сапуна бака объединенной гидросистемы.
21. Заменить фильтрующий элемент в масляном баке объединенной гидросистемы.
22. Заменить фильтрующий элемент фильтра, установленного в напорной линии насоса.
23. Провести обслуживание тягового электропривода: обслуживание генератора: <ul style="list-style-type: none"> ○ проверить состояние контактных колец, щеток и щеткодержателей, при необходимости заменить; ○ обтереть поверхности изоляционных втулок траверсы, контактных колец и втулки между ними сухой безворсовой салфеткой до полного удаления загрязнений; ○ Устранить шлифовкой подгары и другие мелкие дефекты на рабочей поверхности контактных колец. После шлифовки обдуть кольца и внутренние поверхности генератора; ○ измерить вибрацию подшипника при работающем агрегате. обслуживание электромоторов: <ul style="list-style-type: none"> ○ смазать подшипники; ○ проверить нагрев подшипников непосредственно после остановки.
24. Проверить уровень и плотность электролита в аккумуляторных батареях, при необходимости долить до нормы, восстановить плотность и подзарядить. Прочистить вентиляционные отверстия в пробках батарей
25. Проверить правильность регулировки света фар и крепление приборов освещения и световой сигнализации
26. Проверить работоспособность системы контроля давления в шинах
27. Проверить надежность крепления компрессора кондиционера. Провести техническое обслуживание системы кондиционирования
28. Смазать шарниры карданного вала привода насоса объединенной гидросистемы
29. Смазать шлицевое соединение карданного вала привода насоса объединенной гидросистемы
ТО-3, каждые 1000 моточасов
1. Выполнить все операции ТО-2.
2. Проверить крепление радиаторов системы охлаждения к раме, очистить наружные поверхности радиаторов.
3. Проверить состояние крепления всех агрегатов к двигателю, дизель-генератора к раме, резиновых виброизоляторов дизель-генератора.

Продолжение приложения Ж

4. Заменить предохранительный фильтрующий элемент воздушного фильтра.
5. Заменить фильтрующие детали сапунов редукторов электродвигателей колес.
6. Провести обслуживание фильтрующей детали воздухозаборника кабины, при необходимости заменить.
7. Проверить крепление кабины и деталей оперения, при необходимости подтянуть резьбовые соединения.
8. Проверить работоспособность насосных деталей насоса централизованной системы смазки, при необходимости насосные детали заменить.
9. Проверить и при необходимости подтянуть: <ul style="list-style-type: none"> ○ болты крепления пальца центрального шарнира передней подвески; ○ болты крепления верхнего и нижнего кронштейнов цилиндров передней подвески; ○ гайку крепления пальца центрального шарнира задней подвески; ○ болты крепления рычага задней подвески к заднему мосту; ○ болты крепления пальцев реактивной штанги передней подвески; ○ болты крепления корпусов тормозных механизмов передних колес; ○ гайки крепления корпусов тормозных механизмов задних колес.
10. Провести обслуживание тягового электропривода. <ul style="list-style-type: none"> ○ обслуживание генератора; ○ проверить состояние всех доступных паяных/сварных соединений проводов обмотки статора и ротора; ○ проверить сопротивление изоляции обмоток и траверсы; ○ проверить обстукиванием крепление кольца (ступицы) и крышек подшипников; ○ проверить надежность заземления и соединения с двигателем. ○ обслуживание электродвигателей: ○ проверить сопротивление изоляции обмоток статора.
11. Произвести смазку подшипников ступиц передних колес (200 гр каждая масленка).
12. Смазать подшипники эл. двигателя вентилятора охлаждения тормозной установки УВТР.
13. Проверить состояние кабельных вводов и замков силового шкафа на предмет пылезащищенности.
14. Очистить внутри силового шкафа от пыли и грязи.
15. Осмотреть силовой шкаф на предмет наличия возможных результатов искрения.

Окончание приложения Ж

СО, 2 раза в год
1. Проверить прилегания подпружиненной площадки уплотняющего устройства системы выпуска отработавших газов к газоприемнику платформы.
2. Промыть топливный бак, топливопроводы и фильтрующий элемент сапуна топливного бака.
3. Провести обслуживание системы предпускового подогрева двигателя: <ul style="list-style-type: none"> ○ очистить от нагара свечу накаливания, форсунку и горелку; ○ промыть фильтр электромагнитного клапана; ○ прочистить дренажное отверстие топливного насоса.
4. Проверить необходимость регулировки подшипников ступиц редукторов электромоторколес.
5. Отрегулировать зазоры в подшипниках ступиц колес передней оси и заменить смазку.
6. Проверить частоту вращения рулевого колеса в крайних положениях управляемых колес («скольжение»).
7. Проверить давление масла в гидросистеме рулевого управления.
8. Заменить фильтрующий элемент в фильтре в напорной линии рулевого управления.
9. В аккумуляторных батареях привести плотность электролита в соответствии с сезоном и подзарядить. Зачистить и смазать клеммы.
10. Заменить масло в РМК.
11. Промыть масляный бак гидросистемы.
12. Произвести замену масла объединенной гидравлической системы.
13. Заменить фильтрующий элемент сапуна гидробака.
14. Произвести очистку магнитного стержня в подающем патрубке гидробака.
15. Заменить фильтрующий элемент в масляном баке гидросистемы.
16. Заменить фильтрующий элемент в напорной линии насоса.
17. Удалить сажу из сажесборника платформы через боковой люк.
18. Выполнить обслуживание системы пожаротушения: <ul style="list-style-type: none"> ○ промыть заборник растворного бака, продуть порошокпровод и трубопроводы, а также произвести впусивание порошка; ○ проверить давление газа в баллонах и при необходимости произвести их зарядку.
19. Смазать шлицевое соединение карданного вала рулевого управления.
20. Смазать шарниры карданного вала рулевого управления.
21. Смазать подшипники вала рулевой колонки.
22. Разобрать подшипниковые узлы электродвигателя топливоподкачивающего насоса, промыть и заложить свежую смазку.
23. Смазать краник отопителя кабины.

Содержание работ ремонта карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 ПР-1

1. Снять головки цилиндра и очистить камеры сгорания и полости впускных и выпускных клапанов;
2. Осмотреть детали клапанного механизма, изношенные детали заменить;
3. Проверить герметичность клапанов. Обнаруженные дефекты устранить;
4. Осмотреть механизм привода клапанов, дефектные детали заменить, очистить смазочные каналы;
5. Снять крышки боковых люков картера, вынуть шатуны с поршнями, осмотреть вкладыши шатунных подшипников, шатунных болтов и втулок, верхних головок шатунов. Дефектные и изношенные детали заменить;
6. Осмотреть состояние рабочих поверхностей втулок цилиндров. Очистить верхние части цилиндров от нагара, охлаждающие отверстия от накипи;
7. Очистить поршень от нагара, заменить изношенные поршневые кольца;
8. Снять масляный радиатор, проверить на испытательном стенде, залаять поврежденные места;
9. Очистить кислотой водяные полости головок;
10. Снять водяные насосы, осмотреть уплотнения и при необходимости их заменить;
11. Проверить втулки сопла предкамеры на наличие трещин и поставить метки о проведении контроля;
12. Снять турбокомпрессор и проверить по инструкции завода-изготовителя;
13. Проверить топливный насос на испытательном стенде, при необходимости устранить дефекты;
14. Снять и очистить промежуточный охладитель воздуха;
15. Очистить впускные и выпускные коллекторы дизеля;
16. Снять и проверить форсунки;
17. Проверить конические насадки поршней на наличие трещин;
18. Снять охладители наддувочного воздуха, промыть, опрессовать.

ПР-2

1. Произвести микрометраж цилиндро-поршневой группы, подшипников распределительного вала и рокеров, направляющих клапанов, траверс и втулок коромысел и кулачков. Изношенные детали заменить;
2. Промыть внутренние охлаждающие полости от смолистых отложений и охлаждающие отверстия во втулках цилиндров от накипи;
3. Промыть внутреннюю полость картера при помощи щетки;

Окончание приложения 3

4. Испытать давлением водяную полость между гильзой и цилиндром;
5. Провести общую ревизию топливного насоса. Заменить конические насадки поршня для изменения геометрии предкамер и сопла предкамеры;
6. Проверить диски муфты топливного насоса;
7. Проверить пучок пружин и поверхности трения гасителя крутильных колебаний, заменить все изношенные или поврежденные пружины и уплотнения;
8. Проверить все вращающиеся и трущиеся детали масляного насоса, уплотнения заменить;
9. Промыть внутреннюю часть картера привода вентилятора и рабочее пространство гидро муфты, заменить подшипники и уплотнения привода вентилятора;
10. Проверить зазор между зубьями шестерен привода регулятора и тахогенератора, заменить изношенные детали, отрегулировать;
11. Проверить и при необходимости заменить подшипники центробежного выключателя оборотов;
12. Проверить рабочие поверхности предохранительных клапанов;
13. Провести общую ревизию гидромуфты привода вентилятора;
14. Проверить и при необходимости заменить уплотнительные элементы и подшипник привода, водяного и масляного насосов;
15. Снять водяной радиатор. Прочистить шомполом, проверить на стенде, запаять поврежденные места.

УТВЕРЖДАЮ
 АО "Белгородский завод горного машиностроения"



Генеральный директор
 Валикатов В.В.
 06.02.2022г.

АКТ

внедрения результатов диссертационного исследования «Повышение эффективности технической эксплуатации карьерных самосвалов в условиях автотранспортных предприятий ГОКов» соискателя Семьикиной А.С.

В результате выполнения диссертационного исследования соискателем Семьикиной А.С. на тему «Повышение эффективности технической эксплуатации карьерных самосвалов в условиях автотранспортных предприятий ГОКов» предложен новый подход к организации и проведению ремонта ДВС карьерного автомобильного транспорта. В разработанном автором рациональном методе ремонта ДВС карьерных самосвалов установлены зависимости влияния технологии восстановления базовых и основных деталей ДВС на их наработку на отказ, позволяющие повысить время безотказной ДВС карьерных самосвалов.

Комиссия в составе: Кизимов А.Н. – технический директор, Мелихова Л.А. - начальник экономического отдела, Дмитриев П.С. – начальник технического отдела подтверждает настоящим актом применение вышеуказанных результатов для разработки мероприятий для повышения эффективности технической эксплуатации карьерных самосвалов.

Использование результатов диссертационного исследования, разработанных Семьикиной А.С. позволит снизить временные и материальные затраты на проведение ремонта ДВС карьерных самосвалов.

Председатель комиссии: Кизимов А.Н.

Члены комиссии: Мелихова Л.А.
 Дмитриев П.С.



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
 «БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
 УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.Г. ШУХОВА»
 (БГТУ им. В.Г. Шухова)

Космодамиан ул., д.46, Белгород, 308012, тел.(4722)54-20-87, факс (4722)55-71-39
 E-mail: rctor@mtbel.ru, http://www.bstu.ru

« _____ » _____ 20 _____ № _____
 На № _____ от _____



УТВЕРЖДАЮ
 Первый проректор
 Евтушенко Е.И.
 2022г.

АКТ

внедрения результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс

Комиссия в составе Новиков И.А. - директор транспортно-технологического института, Загородний Н.А. - заведующий кафедрой эксплуатации и организации движения автотранспорта, Солодовников Д.Н. - доцент кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта, настоящим актом подтверждает внедрение результатов научно-исследовательской работы на тему «Повышение эффективности технической эксплуатации карьерных самосвалов в условиях автотранспортных предприятий ГОКов», автор - Семьякина А.С., в учебный процесс кафедры «Эксплуатация и организация движения автотранспорта».


Материалы исследований используются для преподавания дисциплины «Техника транспорта, обслуживание и ремонт» у студентов направления подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов», а также дисциплины «Техническая эксплуатация и ремонт силовых агрегатов и трансмиссий», «Силовые агрегаты», «Конструкция и эксплуатационные свойства транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования» у студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», а также дисциплины «Конструктивная и эксплуатационная безопасность автомобиля» у магистрантов направления подготовки 23.04.01 -- Технология транспортных процессов.

Председатель комиссии:

 Новиков И.А.

Члены комиссии:

 Загородний Н.А.

 Солодовников Д.Н.

Окончание приложения И


 УТВЕРЖДАЮ
 Начальник Автотракторного управления
 АО «Лебединский ГОК»
 В.И. Соколов
 2022г.

АКТ

о практическом внедрении результатов диссертационной работы Семькиной А.С. «Повышение эффективности технической эксплуатации карьерных самосвалов в условиях автотранспортных предприятий ГОКов»

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе: Зубков А.В. – начальник службы эксплуатации АТУ АО «Лебединский ГОК», Лящев В.С. – начальник технического отдела АТУ АО «Лебединский ГОК», Лопатин И.В. – ведущий специалист технического отдела АТУ АО «Лебединский ГОК» составили настоящий акт о том, что результаты диссертационного исследования «Повышение эффективности технической эксплуатации карьерных самосвалов в условиях автотранспортных предприятий ГОКов» соискатели Семькиной А.С. применяются АО «Лебединский ГОК» для повышения эффективности технической эксплуатации карьерных самосвалов посредством совершенствования методов ремонта ДВС.

При исследовании методов ремонта ДВС были предложены следующие мероприятия по повышению эффективности технической эксплуатации карьерных самосвалов:

- рациональная периодичность проведения ремонта ДВС;
- структура групповой замены деталей двигателя;
- бестормозной способ обкатки двигателей после ремонта.

В результате эффективность предложенных мероприятий составила: рациональная периодичность проведения ремонта и применение группой замены деталей при ремонте ДВС позволяет увеличить ресурс двигателя в 2,4 раза; применение разработанных эффективных способов бестормозной обкатки увеличивает ресурс двигателя на 19,3%; коэффициент технической готовности карьерных самосвалов в условиях АТП Лебединского ГОКа Белгородской области увеличился на 27% и составил 0,95 и коэффициент выпуска подвижного состава на линию увеличился на 26% и составил 0,87.

Председатель комиссии:

 Зубков А.В.

Члены комиссии:

 Лящев В.С.

 Лопатин И.В.